

UNIVERSITE DE NANCY I

THESE

COMPORTEMENT ET ROLE DES APPUIS DANS LES VOIES DE TAILLE

Présentée

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR INGENIEUR

par

R. A. EL ASHKAR

Ingénieur des Mines

Faculté de Polytechnique, Université du Caire

Soutenue

le 12 octobre 1973 devant la Commission d'examen

MM. CHAMBON

BELIN

DEJEAN

HOUPERT

TOURET

Président

Examineurs

UNIVERSITE DE NANCY I

THESE

COMPORTEMENT ET ROLE DES APPUIS DANS LES VOIES DE TAILLE

Présentée

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR INGENIEUR

par

R. A. EL ASHKAR

Ingénieur des Mines

Faculté de Polytechnique, Université du Caire

Soutenue

le 12 octobre 1973 devant la Commission d'examen

MM. CHAMBON

Président

BELIN

Examineurs

DEJEAN

HOUPERT

TOURET



Digitized by the Internet Archive
in 2026



https://archive.org/details/IA41551908_0007

الى ذكرى والدتي

A LA MEMOIRE DE MA MERE

AVANT-PROPOS

Ce travail a été effectué au Laboratoire de Pression des Terrains de Nancy sous la direction de Monsieur CHAMBON, Professeur à l'Institut National Polytechnique de Nancy, Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure de la Métallurgie et de l'Industrie des Mines.

Nous exprimons à Monsieur CHAMBON nos vifs remerciements pour l'intérêt qu'il a apporté à notre travail, ses précieux conseils, son autorité et la bienveillance avec laquelle il a dirigé ce travail et pour l'honneur qu'il nous a fait d'accepter la présidence de notre jury.

Nous remercions Monsieur RAFFOUX, Chef du Laboratoire de Pression de Terrains - ENSMIM NANCY, pour l'aide inestimable qu'il nous a accordée sur différents plans. Qu'il soit assuré que nous n'oublierons jamais l'amitié, l'encouragement et le soutien moral qu'il n'a cessé de nous prodiguer pendant notre séjour en France.

Nous adressons tout particulièrement notre reconnaissance et notre profonde gratitude à Monsieur DEJEAN qui a suivi constamment notre travail, sa clairvoyance et ses conseils nous ont évité bien des confusions. Son aide au cours de notre séjour en France est précieuse et inoubliable. Nous le remercions pour l'honneur qu'il nous a fait de participer à notre jury.

Messieurs	BELIN	: Chef du Département Mines 1, CERCHAR
	HOUPERT	: Directeur du Laboratoire de Mécanique des Roches - Ecole Nationale de Géologie de Nancy.
	TOURET	: Maître de Conférence à l'Université de Nancy I.

Nous ont fait l'honneur de participer à notre jury. Qu'ils soient ici très vivement remerciés.

Nous remercions Messieurs le Directeur du Centre d'Etudes et de Recherches des Charbonnages de France, le Ministre des affaires étrangères de France et le Directeur du CROUS, qui, en nous accordant des aides matérielles, nous ont permis de mener à bien ce travail.

Nous remercions Messieurs les Directeurs et Ingénieurs des Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais et des Houillères du Bassin de Lorraine qui ont contribué à la réalisation des campagnes de mesures au fond. Ces campagnes ont bénéficié de l'aide financière de la Communauté Economique Européenne.

Nous tenons à remercier très vivement Messieurs VALERI, agent technique aux HBL, WILKOWSKI, agent technique aux HBNPC qui, avec compétence et dévouement, ont assuré la conduite et le dépouillement des mesures au fond.

Nous adressons nos reconnaissance et remerciements à tous les membres du Laboratoire de pression de Terrains à Nancy qui, en nous entourant de leur gentillesse et de leur amitié, ont contribué à établir un climat agréable et favorable au travail.

Nous exprimons enfin nos remerciements à Madame SCHENCK qui a dessiné avec grand soin les figures de la thèse, à Madame MILONET qui en a assuré la frappe et à Mademoiselle VOIRIN qui nous a aidé avec compétence dans la réalisation des calculs, à l'imprimerie du CERCHAR à Paris qui en a assuré l'impression et la mise en page.

COMPORTEMENT ET ROLE DES APPUIS
DANS LES VOIES DE TAILLE

PLAN GENERAL DE LA THESE

P L A N G E N E R A L D E L A T H E S E

<u>INTRODUCTION</u>	1
<u>CONNAISSANCES ANTERIEURES</u>	5
I - <u>ETUDE DE LA CONVERGENCE TAILLE DES VOIES INFLUENCEES PAR LES TAILLES QUELLES PERTINENT</u>	5
II - <u>INFLUENCE DE DIFFERENTES CAUSES SUR LA CONVERGENCE D'UNE VOIE DE TAILLE</u>	8
II.1 - Facteurs naturels	
II.2 - Facteurs techniques et d'exploitation	
II.3 - Nature et caractéristiques des appuis	
II.3.1 - Appuis naturels	
II.3.2 - Appuis artificiels	
<u>CHAPITRE UN : METHODE DE MESURES ET CONDITIONS DES ESSAIS</u> ..	18
I - <u>METHODE DE MESURES</u>	18
I.1 - Mesures de caractérisation du comportement des appuis	
I.1.1 - Mesures de déformations superficielles	
I.1.2 - Mesures de déformations profondes (expansion dans le charbon)	
I.1.3 - Mesures au laboratoire	
I.2 - Mesures de déformations des voies de tailles	
I.2.1 - Mesures de déformations superficielles	
I.2.2 - Mesures de déformations profondes (expansion du toit)	
II - <u>CONDITIONS DES ESSAIS</u>	23
II.1 - Présentation générale des campagnes de mesures	
II.2 - Principe général des essais	

<u>CHAPITRE DEUX : ETUDE DU COMPORTEMENT DES APPUIS</u>	29
I - <u>COMPORTEMENT DE L'APPUI NATUREL</u>	30
I.1 - Etude de quelques caractéristiques mécaniques du charbon	
I.2 - Fluage du charbon	
I.3 - Expansion du charbon	
I.4 - Ecrasement du charbon	
II - <u>COMPORTEMENT DES APPUIS ARTIFICIELS</u>	39
II.1 - Résistance mécanique des appuis	
II.2 - Ecrasement des appuis artificiels	
III - <u>ETUDE COMPARATIVE DES DEFORMATIONS DES APPUIS DES DEUX COTES D'UNE VOIE DESSERVANT UNE PREMIERE TAILLE</u> ..	43
IV - <u>CONCLUSION</u>	46
 <u>CHAPITRE TROIS : INFLUENCE DU COMPORTEMENT DES APPUIS SUR LES DEFORMATIONS DES VOIES DE TAILLES</u>	48
I - <u>INFLUENCE DU COMPORTEMENT DE L'APPUI NATUREL SUR LES DEFORMATIONS DES VOIES DE TAILLES</u>	48
I.1 - Influence du fluage et l'écrasement du charbon sur la convergence côté massif.	
I.2 - Influence du fluage et l'écrasement du charbon sur le basculement du toit.	
I.3 - Influence des caractéristiques mécaniques du charbon sur les déformations d'une voie.	
II - <u>INFLUENCE DE LA NATURE ET DE LA CARACTERISTIQUE DES APPUIS ARTIFICIELS SUR LES DEFORMATIONS DES VOIES DE TAILLES</u>	55
II.1 - Comparaison entre la <u>convergence côté taille</u> <u>observée</u> dans des voies renforcées par des appuis rigides et la <u>convergence estimée</u> à partir des mesures antérieures	
II.2 - Influence de la rigidité des appuis artificiels sur la convergence milieu de la voie	

II.3 - Influence de la rigidité des appuis artificiels
sur la liaison entre la convergence côté massif
et la convergence côté taille dans une même
station de mesures

II.4 - Influence de la rigidité des appuis sur le
comportement du toit

II.5 - Influence de la rigidité des appuis artificiels
sur le soufflage du mur.

III - CONCLUSION 82

CHAPITRE QUATRE : INFLUENCE DE FACTEURS 84

I - ELARGISSEMENT DE LA VOIE (REMISE A SECTION) 84

I.1 - Ecrasement du charbon

I.2 - Fluage du charbon

I.3 - Convergences

I.4 - Conclusion

II - MISE EN RETARD DE L'APPUI ARTIFICIEL 88

III - CONDITIONS SUS-JACENTES 89

III.1 - Lors du creusement

III.2 - Pendant la phase d'avant passage de la taille

III.3 - Conclusion

IV - RENFORCEMENT DU PAREMENT PAR GRILLAGE ET BOULONNAGE 96

IV.1 - Rôle du garnissage

IV.2 - Etude expérimentale de l'influence du
garnissage sur le comportement du parement
et de la tenue de la voie

IV.2.1 - Résultats des essais comparatifs

IV.2.2 - Influence de l'ouverture

IV.3 - Conclusion

V - CONCLUSION 101

	<u>PAGE</u>
<u>CHAPITRE CINQ : MECANISMES</u>	102
I - <u>GENERALITES</u>	102
II - <u>ANALYSE DES MECANISMES DE DEFORMATIONS D'UNE VOIE</u> <u>DE TAILLE PENDANT LES TROIS PHASES</u>	104
II.1 - Cas d'un charbon résistant avec des épontes tendres	
II.2 - Cas d'un charbon tendre avec des épontes résistantes.	
III - <u>CONCLUSION</u>	111

- <u>CONCLUSION</u>	113
- <u>BIBLIOGRAPHIE</u>	

• I N T R O D U C T I O N

• C O N N A I S S A N C E S A N T E R I E U R E S

- <u>INTRODUCTION</u>	1
- <u>CONNAISSANCES ANTERIEURES</u>	5
I - <u>ETUDE DE LA CONVERGENCE DANS LES VOIES INFLUENCEES PAR LES TAILLES QU'ELLES DESSERVENT</u>	5
II - <u>INFLUENCE DE DIFFERENTS FACTEURS SUR LA CONVERGENCE D'UNE VOIE DE TAILLE</u>	8
II.1 - <u>Facteurs naturels</u>	8
- ouverture exploitée	
- pendage de la veine	
- profondeur de la voie	
- caractéristiques des échantons	
II.2 - <u>Facteurs techniques et d'exploitation</u>	10
- traitement après le passage de la taille	
- largeur de la voie	
- vitesse d'avancement de la taille	
- arrêt d'une taille	
- excitations des joints	
II.3 - <u>Nature et caractéristiques des appuis</u>	12
II.3.1- <u>Appuis naturels</u>	12
- influence de la géométrie du charbon en place sur la convergence	
- dimension du pilier du charbon bordant une voie	
II.3.2- <u>Appuis artificiels</u>	14
II.3.2.1 - <u>Types de renforcement des voies derrière la taille</u>	
. Appuis classiques	
. Nouveaux types d'appuis	
II.3.2.2 - <u>Caractéristiques des appuis artificiels</u>	
. la dimension des appuis	
. la rigidité des appuis	

FIG 1

EFFETS DU FLUAGE DU CHARBON
SUR LE SOUTÈNEMENT D'UNE VOIE
(Mathilde, Hénin-Liétard)



INTRODUCTION

L'enlèvement du charbon, au cours de l'exploitation, de part et d'autre d'une voie de taille, provoque de forts mouvements dans les terrains sus-jacents et d'importantes déformations dans la voie. Ces déformations posent des problèmes de sécurité au fond et des difficultés techniques et économiques.

Des appuis artificiels sont introduits en bordure des voies en arrière taille, pour remplacer les appuis naturels du charbon enlevé. Le toit d'une voie prend alors appui, d'un côté (côté exploité), sur des appuis artificiels (piles de bois, épi de remblai, épi d'anhydrite, îlots de pilots ..) et de l'autre, soit sur le massif du charbon en place non exploité (cas d'une première taille), soit sur un pilier de charbon abandonné en bordure de la voie ou sur des appuis artificiels (cas d'une deuxième taille ou de deux tailles alignées).

Le comportement d'une telle voie est directement influencé par celui des appuis du toit (naturels et artificiels). Pour montrer l'importance du rôle joué par les appuis sur le comportement des voies de taille, on peut noter simplement que :

- le fluage (mouvement horizontal) des mezières d'une voie réduit la section transversale de la voie, ainsi que la portance des appuis, ce qui augmente la portée de la poutre du toit et par la suite sa flèche. La fissuration du charbon réduit la portance des appuis. Le délavage du charbon dans la voie encombre celle-ci et apporte des problèmes techniques et de sécurité *(figur. ...)*.
Après le passage d'une taille, le basculement du toit, les cassures qui se produisent dans le toit et leur emplacement sont sensiblement influencés par la rigidité et les caractéristiques des appuis des deux côtés de la voie */1/, /2/*. *

- dans les voies soutenues par un soutènement classique, les appuis de deux côtés de la voie constituent les principaux porteurs du toit. En effet, la résistance d'un soutènement classique (cintre TH, barres ou cadres ...) ne peut dépasser 1 % du poids des terrains sus-jacents */3/, /4/*.

*

Les déformations des terrains sus-jacents sont influencées par les déformations des appuis.

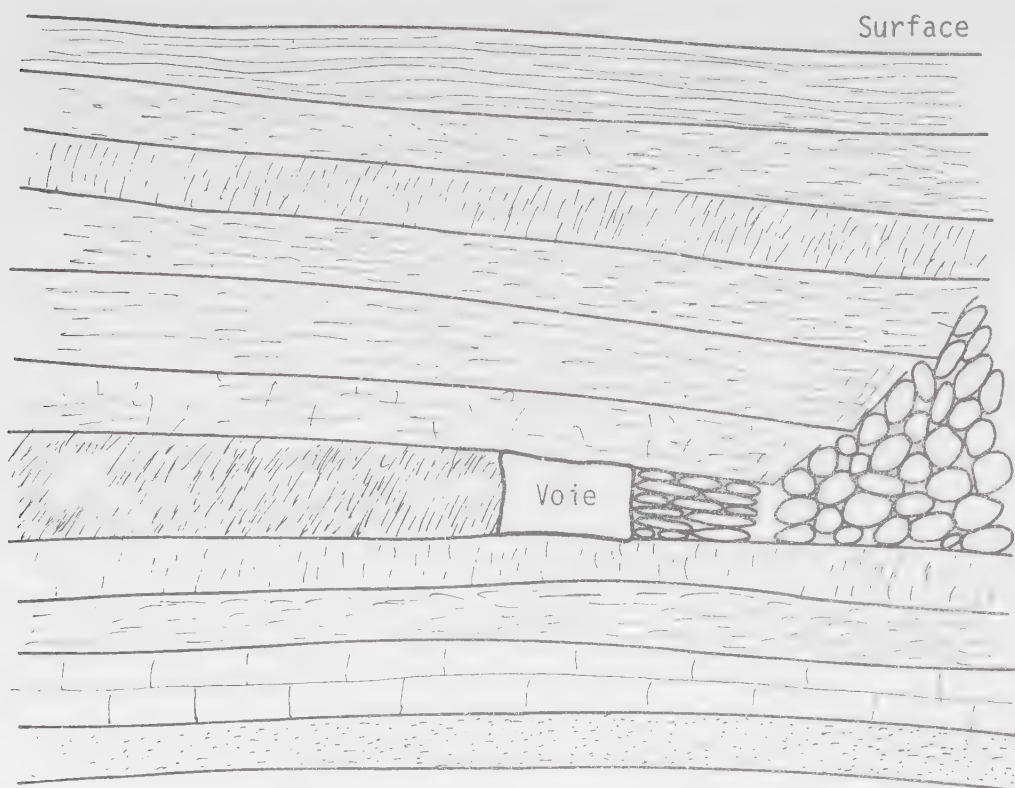
- D'autre part, dans les voies boulonnées, où la création d'un effet de poutre du toit immédiat par le boulonnage augmente la pression verticale sur les parements / 5 /, le comportement et les caractéristiques des appuis des deux côtés de la voie jouent un rôle essentiel sur les déformations dans la voie et l'état de son toit.

- le soufflage du mur et l'affaissement asymétrique (basculement) du toit des voies influencées par les premières tailles qu'elles desservent posent aux mineurs des problèmes techniques et économiques : il est toujours souhaitable de garder au minimum le soufflage du mur et d'homogénéiser l'affaissement du toit des deux côtés de la galerie après le retrait du charbon d'un côté. La solution réside essentiellement dans le contrôle des appuis naturels (massif du charbon en place) d'une part et le choix du type des appuis artificiels édifiés en bordure de la voie derrière la taille.

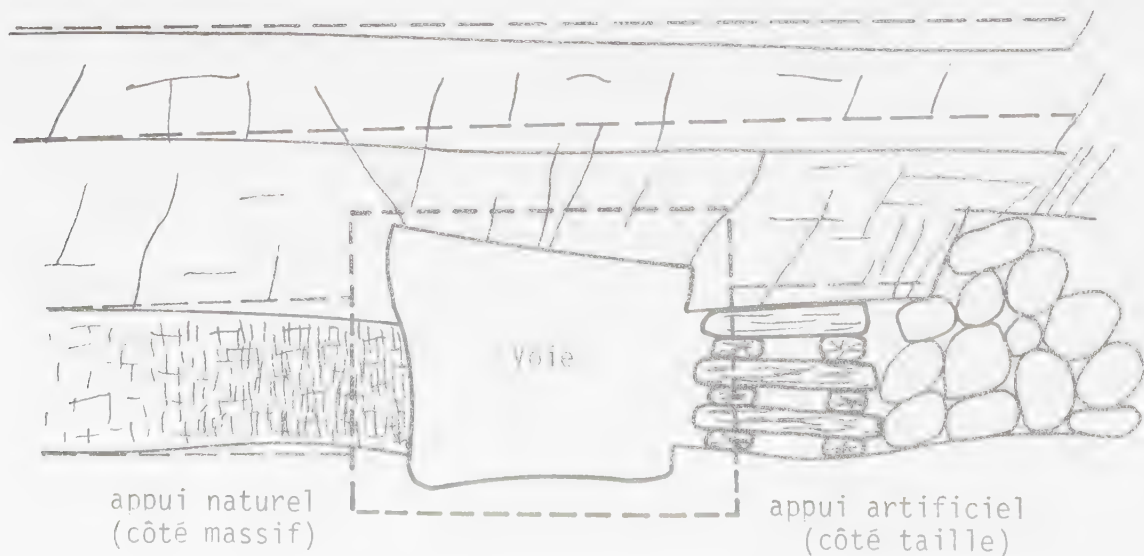
Des études antérieures menées dans les voies de tailles ont montré clairement l'influence des facteurs naturels et d'exploitations sur les déformations de telles voies (profondeur, ouverture exploitée, vitesse de déhouillement ...). Par contre, le problème du comportement des appuis des voies de taille et l'influence de ce comportement sur les déformations de celles-ci n'ont été que peu étudiés jusqu'ici. Un tel problème devient de plus en plus compliqué par la modernisation des méthodes d'exploitation qui demande des voies larges.

Le rôle exact de ces appuis et la manière dont ils agissent sur les détériorations des voies restent jusqu'à maintenant peu clairs. Des résultats très importants ont déjà été obtenus, mais malheureusement ils sont parfois contradictoires. Il existe toujours le besoin d'un modèle qui peut permettre aux mineurs de choisir dans des conditions d'exploitation données, une méthode de renforcement des voies au cours de l'enlèvement du charbon.

SCHEMA 2a

$$C = f \left[\begin{array}{l} \text{Géométrie du charbon en place, ouverture exploitée,} \\ \text{traitement derrière taille, profondeur, pendage, etc...} \end{array} \right]$$


SCHEMA 2 b

$$C = f [\text{Comportement des appuis naturels et artificiels}]$$


Les recherches relatives aux voies de taille ont comporté deux directions principales.

- Etude de l'évolution des mouvements globaux des éponges des voies (schéma 2a)

L'objectif de cette étude est de savoir ce qui reste de la section d'une voie de taille aux différents stades de l'exploitation et comment les mouvements des éponges dans une telle voie et en particulier la convergence (rapprochement du toit et du mur d'une voie mesurée perpendiculairement aux éponges) dépendaient des différents facteurs naturels (en particulier l'ouverture de la veine) et d'exploitation (traitement derrière la taille, géométrie des appuis et situation par rapport aux autres exploitations en cours ou antérieures).

Le rôle joué par ces facteurs sur le comportement des voies est déterminant. Des résultats très importants permettent, en connaissant les lois d'influence de ces facteurs, de prévoir, avec $\pm 20 \%$ de précision, la convergence dans les voies qui desservent les tailles. Ces études ont été menées dans les voies influencées par des longues tailles qu'elles desservent. Ces voies étaient renforcées derrière la taille essentiellement par des épis de remblai ou des piles de bois souples.

- Etude des déformations et du comportement d'une voie de taille en fonction du comportement de ses appuis (schéma 2b)

Si les mouvements auxquels sont soumis les voies de taille dépendent essentiellement des facteurs naturels et d'exploitation mentionnés ci-dessus, le comportement de ces voies est plus directement lié au traitement et à l'environnement de la voie. Les résultats économiques du chantier et aussi la sécurité dépendent du comportement d'une voie, c'est-à-dire, la réaction de ses éponges et de ses parements aux sollicitations induites par l'exploitation.

Pour caractériser ce comportement, on étudie non seulement la convergence mais aussi les mouvements latéraux (fluage), la déformée du toit et du mur, les dégradations des épontes et des parements.

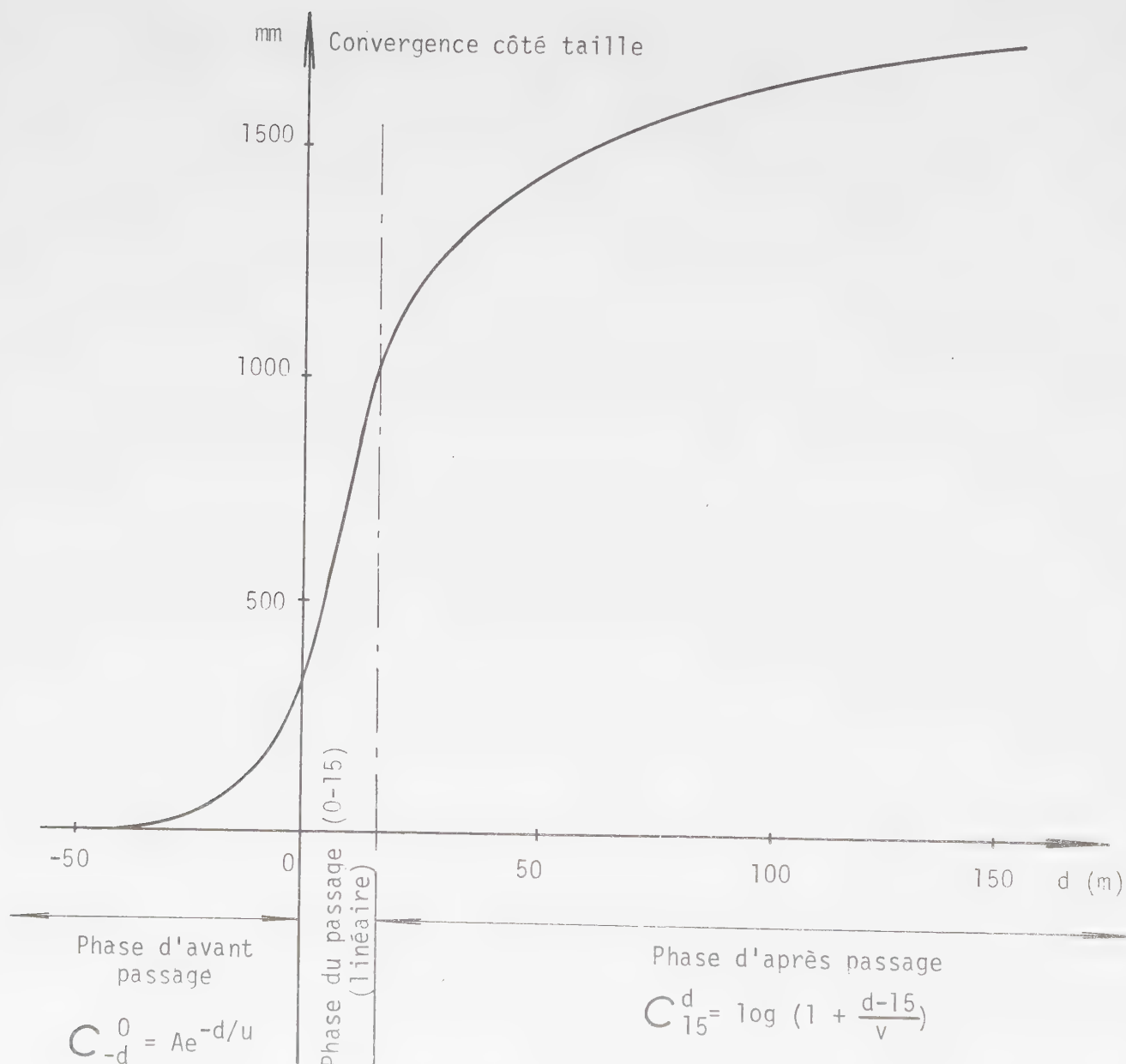
Les principaux facteurs susceptibles d'influencer ce comportement sont :

- la nature et le traitement des appuis naturels (charbon) et artificiels (piles, remblai ...)
- la nature et le traitement des épontes.

FIG 3

COURBE DE CONVERGENCE COTE TAILLE
EN FONCTION DE LA DISTANCE AU FRONT DE LA TAILLE

d'après RAFFOUX



CONNAISSANCES ANTERIEURES

Comme nous l'avons montré dans l'introduction, les études menées en voies de taille ont comporté deux directions principales .

- l'étude des mouvements globaux des épontes des voies et en particulier la convergence.
- l'étude des déformations des voies de taille en fonction du comportement de ses appuis.

Nous allons rappeler ici quelques principaux résultats obtenus par les recherches antérieures dans ces deux directions.

I - ETUDE DE LA CONVERGENCE DANS LES VOIES INFLUENCEES PAR LES TAILLES QU'ELLES PRESENTENT.

Les raisons pour lesquelles la convergence a été choisie comme le moyen le plus convenable pour caractériser les déformations des voies, sont bien connues (1). L'expérience montre que la convergence est facile à mesurer, peu coûteuse et d'une précision acceptable par rapport aux autres moyens d'études de déformations des voies (mesures de pression in situ, modèle réduit, photoélasticités ...).

La convergence par définition, est la variation de la distance mesurée entre deux broches ancrées perpendiculairement aux épontes, l'une au toit et l'autre au mur. Les deux broches constituent un doublet. Dans la section transversale de la voie, la convergence peut être mesurée côté taille, au milieu de la voie ou côté opposé à la taille. Les mesures sont prises à l'aide d'une règle graduée en millimètres coulissant dans un tube (canne de mesure).

L'étude de la convergence (C) d'un doublet implanté dans une voie tracée en avant d'une taille qu'elle dessert en fonction de la distance (d) du front de la taille, montre que la fonction $C = f(d)$ est une courbe en S. Le point d'inflexion est voisin du passage de la taille à l'aplomb du doublet (figure 31).

Les études antérieures ont pu définir les lois de l'évolution de la convergence en fonction de la distance au front de la taille. Les recherches menées par le Laboratoire de Mécanique des Terrains de Nancy dans les voies au charbon des Bassins de Lorraine et du Nord-Pas-de-Calais ont conduit à distinguer trois phases dans la fonction $C = f(d)$.

- Phase d'avant passage -

Dans cette phase, la convergence varie comme une fonction exponentielle de la forme :

$$C - d = A e^{-d/u}$$

La convergence est alors caractérisée par les deux paramètres A et u. Le premier caractérise l'amplitude de la convergence et le deuxième la distance à laquelle une influence sensible de la taille apparaît.

- Phase du passage -

Pendant cette phase, la convergence varie linéairement avec la distance au front de taille. Elle commence au moment du passage de la taille au niveau du doublet ($d = 0$) et se poursuit jusqu'à une quinzaine de mètres en arrière de la taille ($d = 15$ m) où commence la troisième phase (après passage).

- Phase d'après passage -

Pendant cette phase qui débute au delà d'une quinzaine de mètres après le passage de la taille, la fonction $C = f(d)$ est logarithmique de la forme

$$C_{15}^d = B \log \left(1 + \frac{d - 15}{v} \right)$$

Le paramètre B caractérise l'amplitude de la convergence, et v l'amortissement de la courbe.

Les voies dans lesquelles ces lois d'évolution ont été établies étaient soumises à l'influence d'une première taille et renforcées derrière la taille par des moyens traditionnels (essentiellement des épis de remblai ou des piles de bois plus ou moins souples). Aucune étude complète de l'évolution de la convergence n'a été faite dans des voies renforcées derrière la taille par des moyens récents (épis d'anhydrite, ilots de pilots, piles de bois serrées par coussin hydraulique ...). On peut se demander si la forme de la fonction $C = f(d)$ dépend ou non de la caractéristique des appuis artificiels

montés en bordure de la voie derrière la taille et jusqu'à quelle limite cette caractéristique peut influencer la convergence.

Il est à noter que le découpage de la courbe de la convergence en fonction de la distance au front de la taille en trois phases différentes et la position de chaque phase par rapport au front de la taille correspond à la nature des appuis qui sont différents d'une phase à l'autre /7/.

En avant de la taille, les contraintes augmentent à l'approche de celle-ci, le charbon se fissure de chaque côté de la voie et s'écrase, ce qui permet un rapprochement des épontes (convergence) de plus en plus prononcé avec l'approche de la taille.

Au passage de la taille, l'enlèvement du charbon d'un côté de la voie et la mise en place d'épi de remblai plus ou moins serré, conduit à un basculement du toit vers le côté exploité. Ce basculement augmente jusqu'à ce que l'épi de remblai soit comprimé entre le toit et le mur. Cela peut se produire jusqu'à une quinzaine de mètres après le passage de la taille.

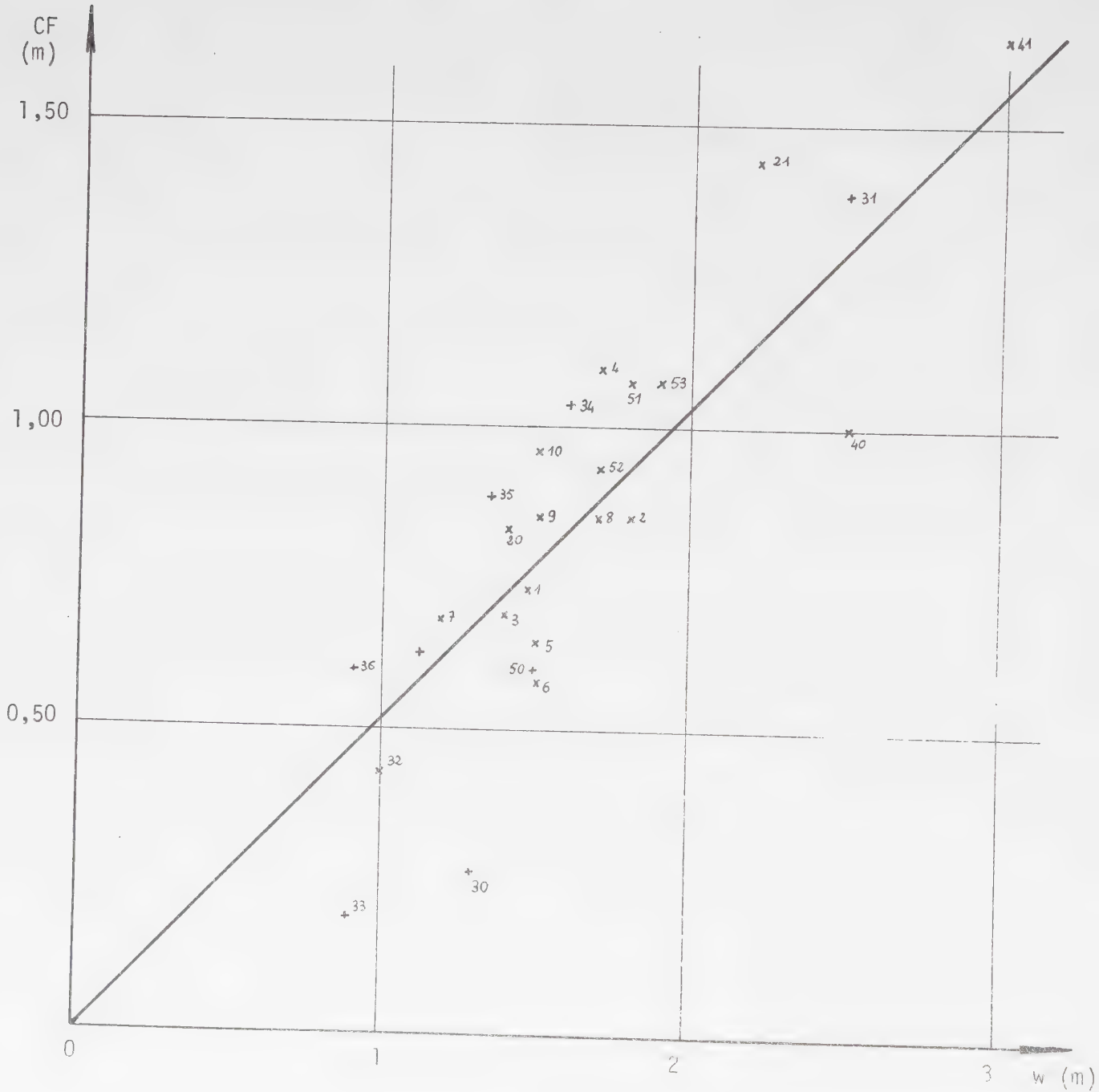
La troisième phase commence quand l'épi de remblai est plus ou moins rigide, la vitesse de la convergence décroît de plus en plus avec l'augmentation de la rigidité de l'épi de remblai.

Il faut noter que la forme logarithmique de la courbe de la convergence en fonction de la distance au front de la taille pendant la phase d'après passage, n'est pas la seule forme qui existe, mais elle représente l'évolution de la convergence dans les mines françaises. Au contraire, dans les mines polonaises, il a été trouvé que l'évolution de la convergence en fonction de la distance a une forme hyperbolique et non pas logarithmique.

FIG 4

LIAISON ENTRE LA CONVERGENCE FINALE CF ET L'OUVERTURE w
DOUBLET AA' - CONVERGENCES MOYENNES

d'après RAFFOUX



+ Voies des H.B.N.P.C.

x Voies des H.B.L. et autres bassins

II - INFLUENCE DE DIFFERENTS FACTEURS SUR LA CONVERGENCE D'UNE VOIE DE TAILLE

Les facteurs qui influencent la convergence dans une voie desservant une taille sont nombreux et variés. On peut distinguer :

II.1 - Facteurs naturels

- . Ouverture exploitée
- . Pendage de la veine
- . Profondeur de la voie
- . Caractéristiques des épontes

II.2 - Facteurs techniques et d'exploitation

- . Traitement après le passage de la taille
- . Largeur de la voie
- . Vitesse d'avancement de la taille
- . Arrêt de la taille
- . Exploitations sus-jacentes

II.3 - Nature et caractéristiques des appuis

- . Appuis naturels
- . Appuis artificiels

II.1 - Facteurs naturels

- . Ouverture exploitée

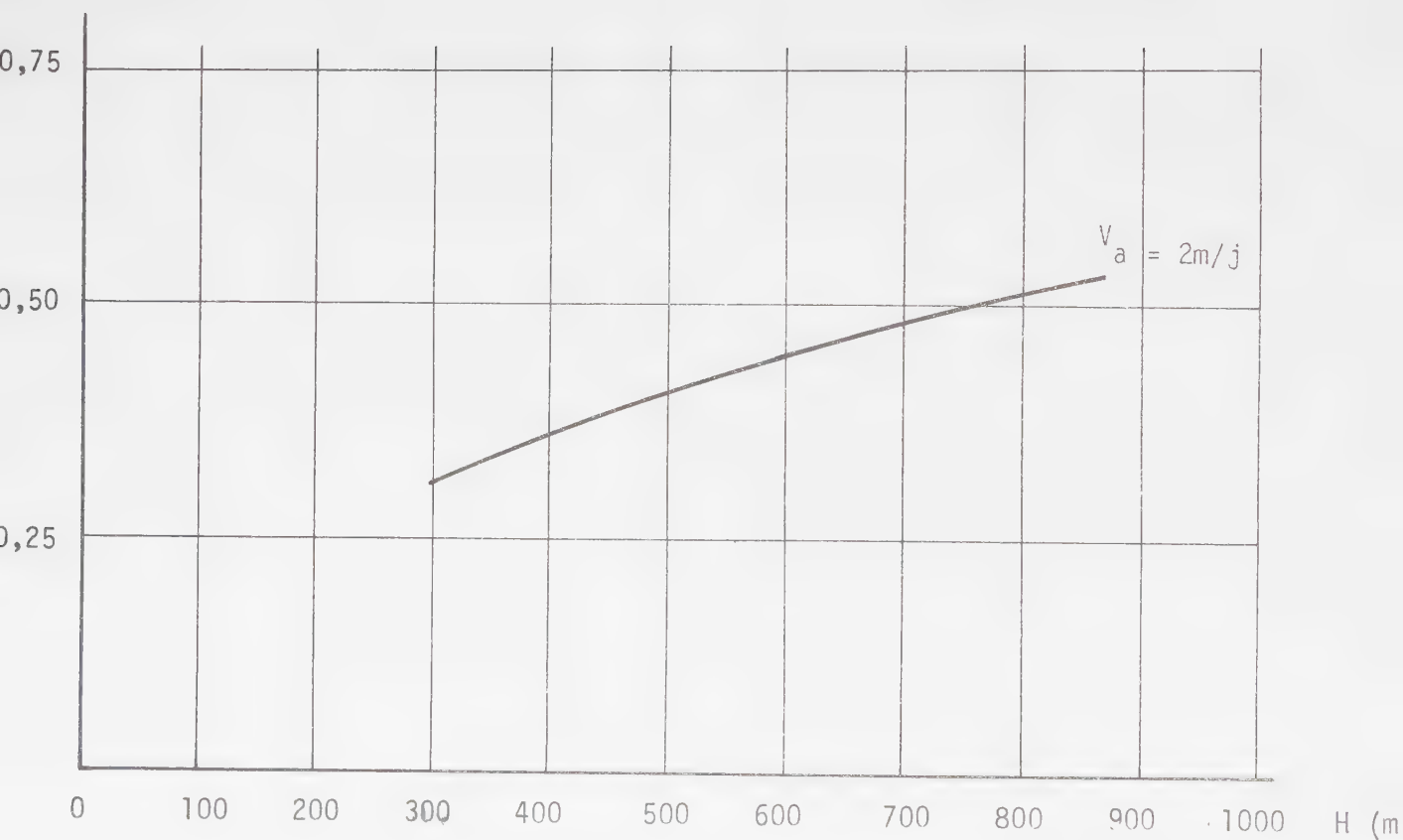
L'influence de l'ouverture exploitée sur la convergence a été étudiée par RAFFOUX et HAHN /9/. Ils ont montré que cette influence est directe, la convergence étant d'autant plus importante que l'ouverture est grande. Toutefois l'ouverture n'a pas d'influence significative, ni sur la convergence côté massif, ni sur la convergence au milieu de la galerie. Plus précisément, la convergence finale $C_{\infty}^{250 \text{ mm}}$ côté taille est directement proportionnelle à l'ouverture : $C_f = KW$ comme le montre la figure 4.

FIG 5

ABaque DE DETERMINATION DU COEFFICIENT K DE PREVISION
DES CONVERGENCES MOYENNES FINALES ($C_f = Kw$)

d'après RAFFOUX

$K = C_{\text{finale}}/w$



. Pendage de la veine

Le pendage a une influence significative sur la convergence côté massif et milieu de voie /7/. La convergence finale y est d'autant plus importante que le pendage est grand.

. Profondeur de la voie

La profondeur a une influence significative sur la convergence côté taille pendant la phase d'avant passage $C_{-\infty}^0$, d'après passage $C_{0}^{250\text{ m}}$ et sur la convergence finale $C_{-\infty}^{250}$ /7/. La figure 5 représente la liaison entre la profondeur (H) et K où $C_f = KW$, W étant l'ouverture exploitée ; la convergence augmente avec la profondeur.

Par contre, aucune influence significative de la profondeur n'a été trouvée ni sur la convergence côté massif, ni sur la convergence au milieu de la voie.

. Caractéristiques des terrains

La nature du mur a une influence nette sur la réduction de la section de la voie /9/. Le gonflement du mur est d'autant plus important que les épontes du mur sont tendres. Une liaison linéaire significative a été trouvée entre la nature des couches du mur (sur 5 m d'épaisseur) et son gonflement, figure 6. Pour établir cette liaison, les couches du mur sur les 5 premiers mètres ont été classés en 4 groupes : grès, schistes gréseux, schistes argileux et mur à radicelle. En valeur moyenne HAHN a montré /9/ que le gonflement du mur diminue la section de la voie de 5 % si le banc du mur est de grès et de 24 % s'il est fait de schistes à radicelle ou de terrains semblables.

En ce qui concerne la nature du toit, au contraire, aucune liaison significative n'a été constatée entre la nature des bancs du toit (sur 5 m d'épaisseur) et la réduction de la section de la voie.

D'autre part, en ce qui concerne l'influence de la stratification des épontes sur la convergence, des études en laboratoire ont montré que la convergence est liée à leur degré de stratification, plus elles sont stratifiées, plus les convergences sont fortes /10/.

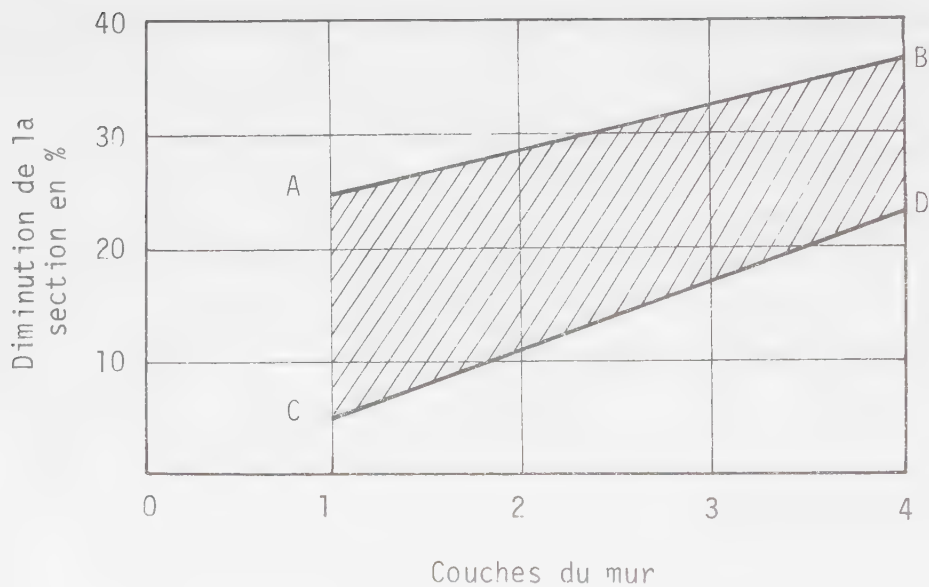
FIG 6

INFLUENCE DE LA NATURE DES COUCHES DU MUR SUR
LA DIMINUTION DE LA SECTION DES VOIES DE TAILLE

d'après HAHN et JACOBI

Légende

- 1 - Grès
- 2 - Schistes gréseux
- 3 - Schistes argileux
- 4 - Radicelle



AB : Diminution totale de la section de la galerie

CD : Diminution de la section du fait du gonflement du mur



Diminution de la section du fait de l'affaissement du toit
et du déplacement des parois

II.2 - Facteurs techniques et d'exploitation .

. Traitement après le passage de la taille

Après le passage de la taille on peut distinguer deux genres de traitement ; l'un dans la taille elle-même (foudroyage, remblayage pneumatique ou remblayage hydraulique), l'autre en bordure de la voie après le passage de la taille du côté exploité (épi de remblai, piles de bois de différente rigidité, dame d'anhydrite, etc ...) celui-ci a comme objectif de protéger la voie derrière la taille.

- Traitement dans la taille

L'influence de ce facteur sur les déformations des voies de tailles a été mise en évidence par des études antérieures menées dans des voies influencées par leurs tailles /11/, /12/ et /13/.

Ces études ont permis de quantifier cette liaison et en particulier de montrer que la convergence finale côté taille $C_{-}^{+ \infty}$ après le passage d'une première taille était en moyenne égale à : 0,60 qw.

Le coefficient q a les valeurs suivantes :

- 1 pour les tailles foudroyées
- ≠ 0,50 pour les tailles remblayées pneumatiquement
- ≠ 0,30 pour les tailles remblayées hydrauliquement

Le traitement en arrière taille n'influence significativement que la convergence côté taille et pas côté massif ou du milieu de la voie. On constate également que ce facteur n'influence pas significativement la convergence mesurée jusqu'au passage de la taille.

- Traitement du bord de la voie côté exploité

L'étude de l'influence du traitement de l'arrière-taille sur les déformations des voies a été réalisée sur un échantillon de voies où les traitements du bord de la voie derrière la taille étaient très peu différents (épi de remblai posé à la main ou des piles de bois peu rigides). Le coefficient (0,60) noté ci-dessus caractérise donc essentiellement la géométrie de la voie (foudroyage côté taille et massif du charbon côté opposé). L'influence de l'appui artificiel monté en bordure de la voie derrière la taille sur ce coefficient n'est pas encore connue. Un des objectifs de notre étude est d'essayer de définir cette influence.

INFLUENCE DE LA LARGEUR DE LA GALERIE AU DEPART SUR
LA DIMINUTION DE LA SECTION DES VOIES DE TAILLE

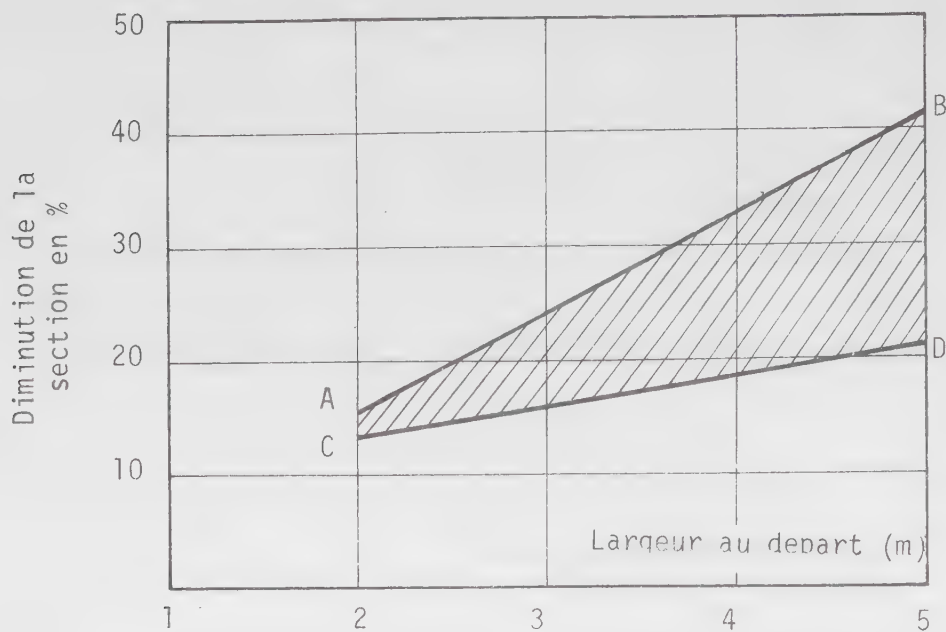
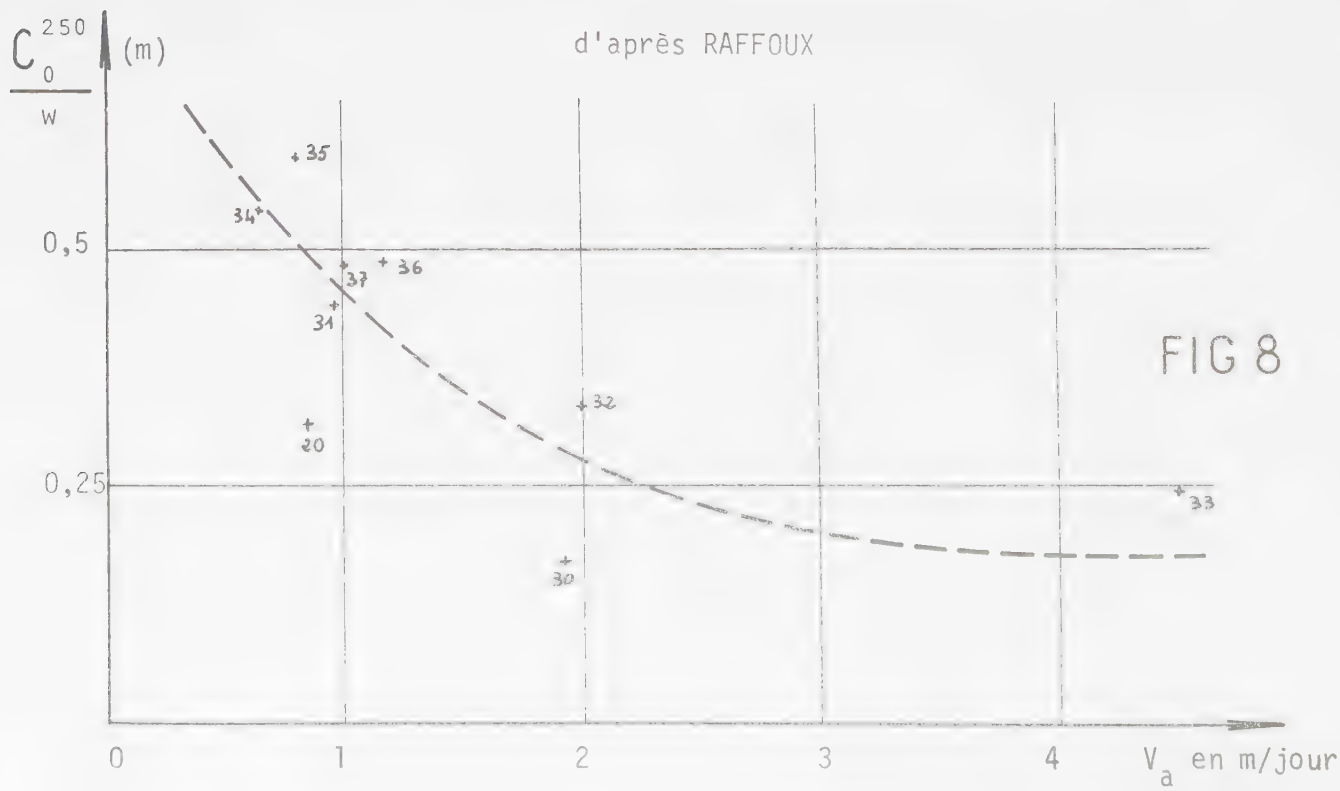


FIG 7

d'après
HAHN et JACOBI

LIAISON ENTRE LA CONVERGENCE D'APRES PASSAGE DEPOUILLEE
DE L'INFLUENCE DE L'OUVERTURE ET DE LA VITESSE D'AVANCEMENT
- CV_{AA} - VALEURS MOYENNES - VOIE HBNPC -



. Largeur de la voie

La largeur de la voie a une influence significative sur la réduction de section de la voie. La diminution de la section est d'autant plus importante que la largeur est grande (*figure 7, /9/*) ce qui se traduit par le fait que la convergence augmente quand la largeur de la voie augmente /10/.

L'influence de ce facteur est conditionnée par la nature, les caractéristiques et la résistance des épontes du toit et du mur, elle est très faible dans le cas des épontes résistantes et d'autant plus importante que les épontes sont tendres.

. Vitesse d'avancement de la taille (Va)

La convergence après passage C_0^{+250m} , décroît lorsque la vitesse d'avancement augmente, (*figure 8*). Cette influence est significative sur la convergence côté taille et milieu de la voie, mais pas sur la convergence côté massif /7/.

. Arrêt d'une taille

Chaque arrêt d'une taille se traduit sur la courbe $C = f(d)$ par une discontinuité, et sur la courbe $C = f(t)$ par un freinage. La convergence pendant un arrêt dépend de sa vitesse juste au moment de l'arrêt /14/ et /15/. Une liaison linéaire et directe a été trouvée entre la vitesse de la convergence pendant un arrêt ($\bar{a}$) et sa vitesse juste au moment de l'arrêt (a), /12/ : $\bar{a} = 0,41 a$.

. Exploitations sus-jacentes

Au-dessus d'une galerie, on peut trouver soit des terrains vierges de toute exploitation, soit une zone complètement exploitée sus-jacente /16/.

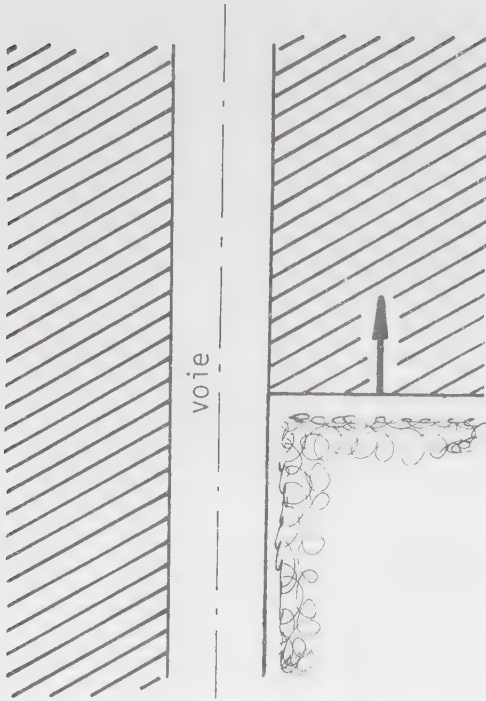
Le stot sus-jacent normal à la direction d'une voie augmente la convergence dans la zone existante au-dessous de son aplomb /16/ et /17/. L'influence des limites du stot et surtout la limite de sortie sur la convergence aux endroits sous-jacents à leur aplomb est très forte et nuisible.

FIG 9

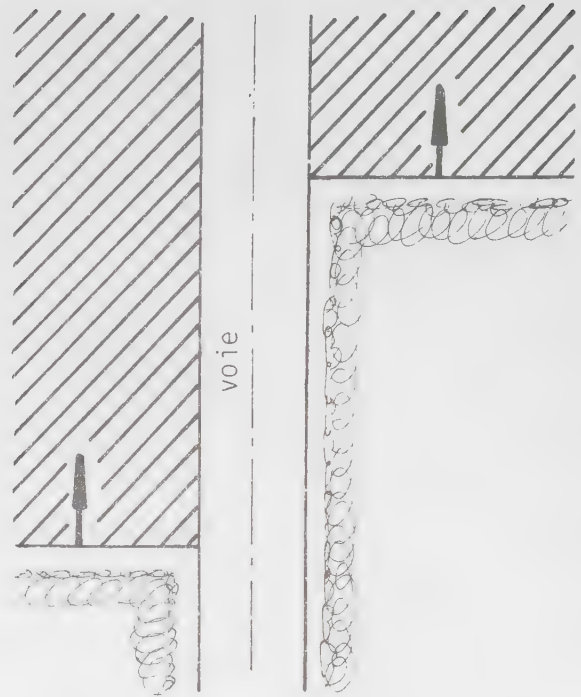
LES DIFFERENTS CAS D'EXPLOITATION (voie)

 Charbon

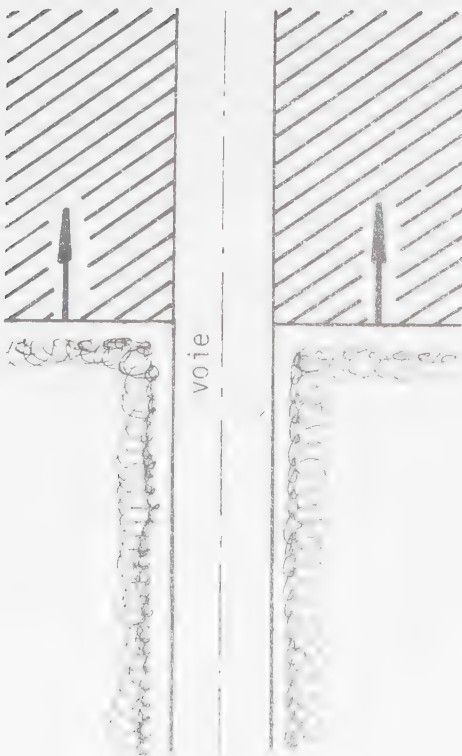
 Zone exploitée



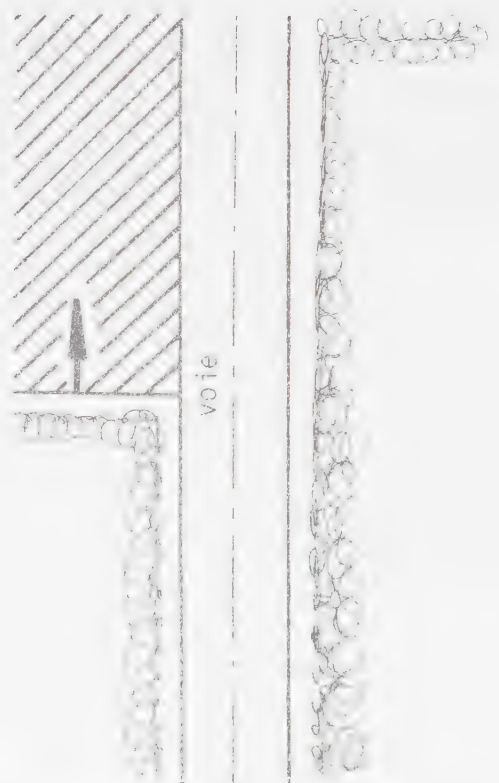
- a - "1ère taille"



- b - "deux tailles décalées"



- c - "double unité"



- d - "2ème taille"

Un épi de remblai sus-jacent parallèle à une voie augmente la convergence dans la zone située à son aplomb de 25 % environ de l'ouverture exploitée sus-jacente.

En étudiant l'influence de ce facteur sur la convergence d'avant passage, du passage et d'après passage, il est apparu que les exploitations sus-jacentes réduisent la convergence côté taille en avant passage et au passage de la taille C_0^{+15m} , mais sont sans influence significative sur le paramètre C_{+15m}^{+250m} , /7/.

II.3 - Nature et caractéristiques des appuis

II.3.1 - Appuis naturels

- L'influence de la géométrie du charbon en place sur la convergence

Les études antérieures (SCHWARTZ, CHAMBON, APPERT) ont montré l'influence de la géométrie du charbon en place le long des voies de tailles sur les déformations de celles-ci. Cette géométrie dépend de la méthode d'exploitation des panneaux de part et d'autre de la voie de taille qui sont (figure 9) :

- a) Exploitation par une première taille
- b) Exploitation par deux tailles décalées
- c) Exploitation par double-unit (deux tailles alignées)
- d) Exploitation par une deuxième taille.

Les déformations des voies desservant les tailles sont d'autant plus importantes que la surface d'appui du charbon en place est plus petite. La convergence dans le cas (a) est inférieure à celle du cas (c) qui est elle-même inférieure à la convergence du cas (d). Dans le cas de deux tailles décalées (b), la convergence au passage de chacune des deux tailles dépend de la distance du décalage entre elles. Si le décalage augmente, la surface d'appui du charbon, côté opposé à la première taille, devient beaucoup plus importante, et la convergence diminue dans cette zone, alors qu'elle augmente au passage de la deuxième taille (APPERT /18/). L'influence de la variation du décalage est décelable seulement entre les deux limites 15 et 80 m. Si la valeur du décalage est inférieure à 15 m on arrive au cas d'exploitation par double-unit (deux fronts alignés). Si sa valeur est supérieure à 80 m, ce sera le cas d'exploitation par deux tailles successives.

- Dimensions du pilier du charbon bordant une voie

Pendant l'exploitation du charbon, on est souvent conduit, pour des raisons diverses à abandonner du charbon en place le long des galeries, dans le but de les protéger. On donne généralement à ce charbon abandonné le nom de "pilier". Dans ce cas, il y a une question importante : "Quelles dimensions faut-il donner au pilier pour qu'il puisse effectivement protéger la voie" ?

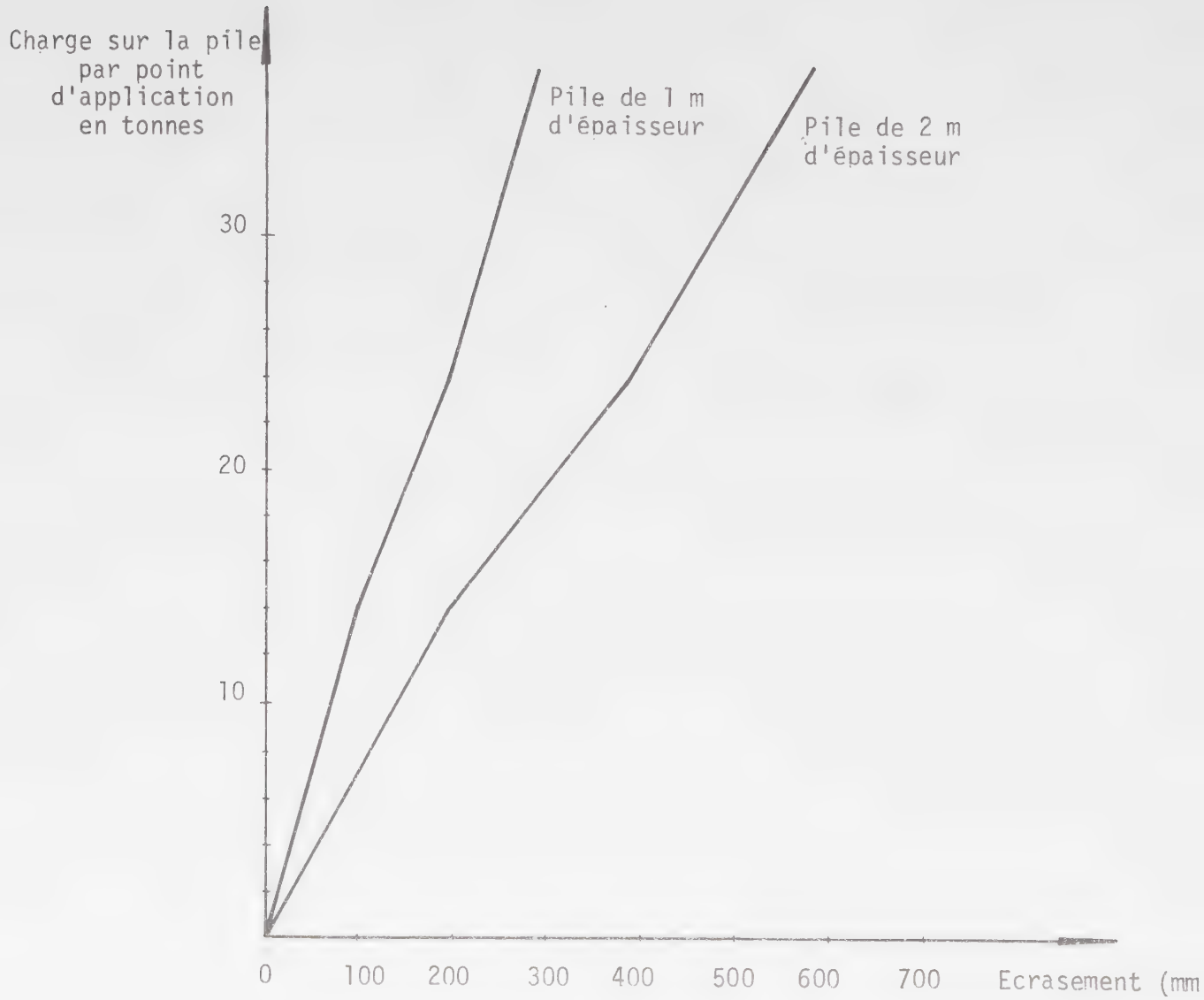
Il existe deux types de ce pilier, soit un pilier abandonné sur toute la longueur de la voie, pour la séparer d'une ancienne exploitation, soit un pilier abandonné derrière la taille en bordure de la voie, celui-ci protège la voie dans des cas spéciaux, par exemple, aux endroits de travers banc, mauvais terrains, faille dans le toit...

On a montré que dans ce cas, le pilier doit avoir une largeur soit très faible (moins de 5 m), soit assez importante (plus de 30 m). Un pilier d'une largeur intermédiaire (une dizaine de mètres par exemple) doit être proscrit ; un tel pilier est très gênant : il concentre des contraintes très importantes pouvant entraîner un fort soufflage du mur, et son écrasement, son fluage et son délavage dans la voie sont très importants.

FIG 10

LIAISON ENTRE LA CHARGE SUR LA PILE PAR POINT D'APPLICATION
ET SON ECRASEMENT POUR DEUX PILES DE 1 m ET 2 m D'EPAISSEUR

d'après H. VAN DUYSE



II.3.2 - Appuis artificiels

II.3.2.1 - Types de renforcement de voies derrière la taille

Dans les exploitations par longue taille, les voies doivent souvent être gardées derrière la première taille pour l'exploitation d'une deuxième taille. On doit donc remplacer l'appui du toit constitué par le charbon que l'on a enlevé par un appui artificiel. Ce peut être :

- Appuis classiques : ce sont :

- . *Epi de remblai* : Edifié en bordure de la voie à la main, à l'aide de cailloux et de rocs.

- . *Piles de bois* : Elles peuvent être édifiées en bordure de la voie, soit d'une manière continue (jointives), soit d'une manière discontinue, en laissant une certaine distance entre chaque pile.

Différents types de bois peuvent être utilisés pour construire les piles, les formes et les dimensions des sections de bois varient selon les caractéristiques désirées des piles.

- Nouveaux types d'appuis : La modernisation des méthodes et des techniques d'exploitation demande des voies de plus en plus larges. Ceci donne toute son importance au problème du renforcement des épontes autour de la voie, par boulonnage par exemple, et à celui de l'appui du toit derrière la taille. Il est devenu nécessaire de modifier en même temps la rigidité et les caractéristiques des appuis artificiels qui remplacent le charbon exploité le long de la voie. Notons ici quelques moyens de renforcement récemment introduits :

- . Epi d'anhydrite
- . Remblai mixte avec ciment
- . Ilots de pilots seuls ou avec piles de bois
- . Piles de bois serrées par coussins hydrauliques.

II.3.2.2 - Caractéristiques des appuis artificiels

Les caractéristiques les plus importantes d'un renforcement artificiel d'une voie en arrière taille sont : *la dimension de l'appui et sa rigidité.*

. La dimension des appuis

La dimension des appuis se caractérise par deux paramètres : la hauteur et la largeur.

En étudiant l'influence de la hauteur des piles de bois sur leur compressibilité, VAN DUYSE /19/, a montré (*figure 10*) la liaison entre la charge par point de croisement et l'écrasement de deux piles de bois, l'une de 1 m et l'autre de 2 m de hauteur.

FIG 11a

LIAISON CHARGE/ECRASEMENT DE
PILES DE DIFFERENTES HAUTEURS

d'après WHITTAKER et TITLEY

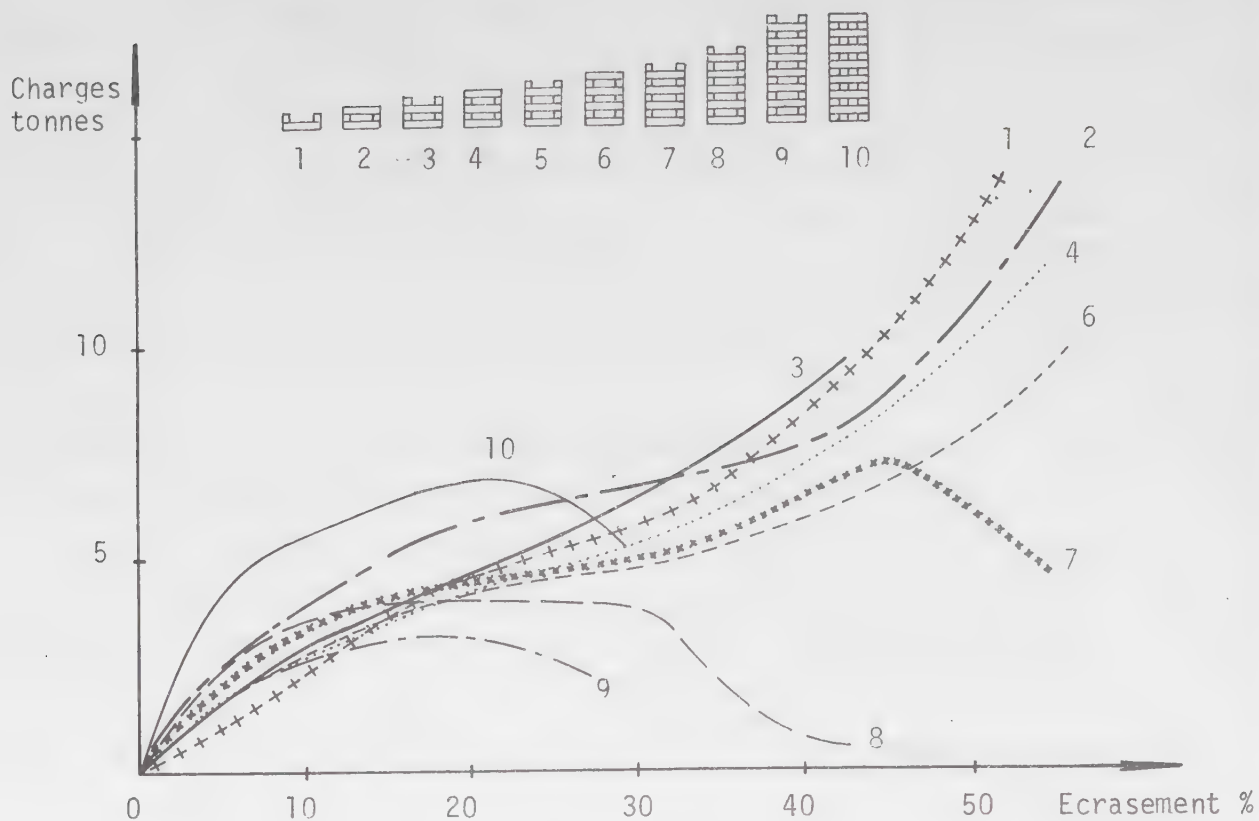


FIG 11b

INFLUENCE DU RAPPORT LARGEUR / HAUTEUR DES PILES SUR
LEUR STABILITE AU COURS DE LEUR COMPRESSION

d'après WHITTAKER et TITLEY



En valeur absolue, la compressibilité de la première pile ($h = 1$ m) est la moitié de celle de la deuxième pile ($h = 2$ m). D'après cette observation, la compressibilité relative (rapportée à la hauteur principale) des deux piles est la même pour une même charge.

La largeur des appuis est un facteur très important essentiellement du point de vue de leur stabilité. *STASSEN ET LIEGEOIS*, ont noté /20/ que pour une pile de bois, le choix de la largeur et de la longueur (la surface d'appuis) dépend de la hauteur. Plus la pile est haute, plus la base doit être grande pour conserver une bonne stabilité à la pile. Ils ont proposé par exemple, une longueur de 1,20 m à 1,50 m pour la pile dont la hauteur est égale à 1 m et une longueur de 1,80 m si la hauteur de la pile est de 3 m.

La surface de la base des piles doit être augmentée dans le cas de poussées latérales vers le vide de la voie. Une surface plus grande peut augmenter les forces du frottement entre la pile et le mur, ce qui peut conduire à une augmentation de la stabilité de la pile.

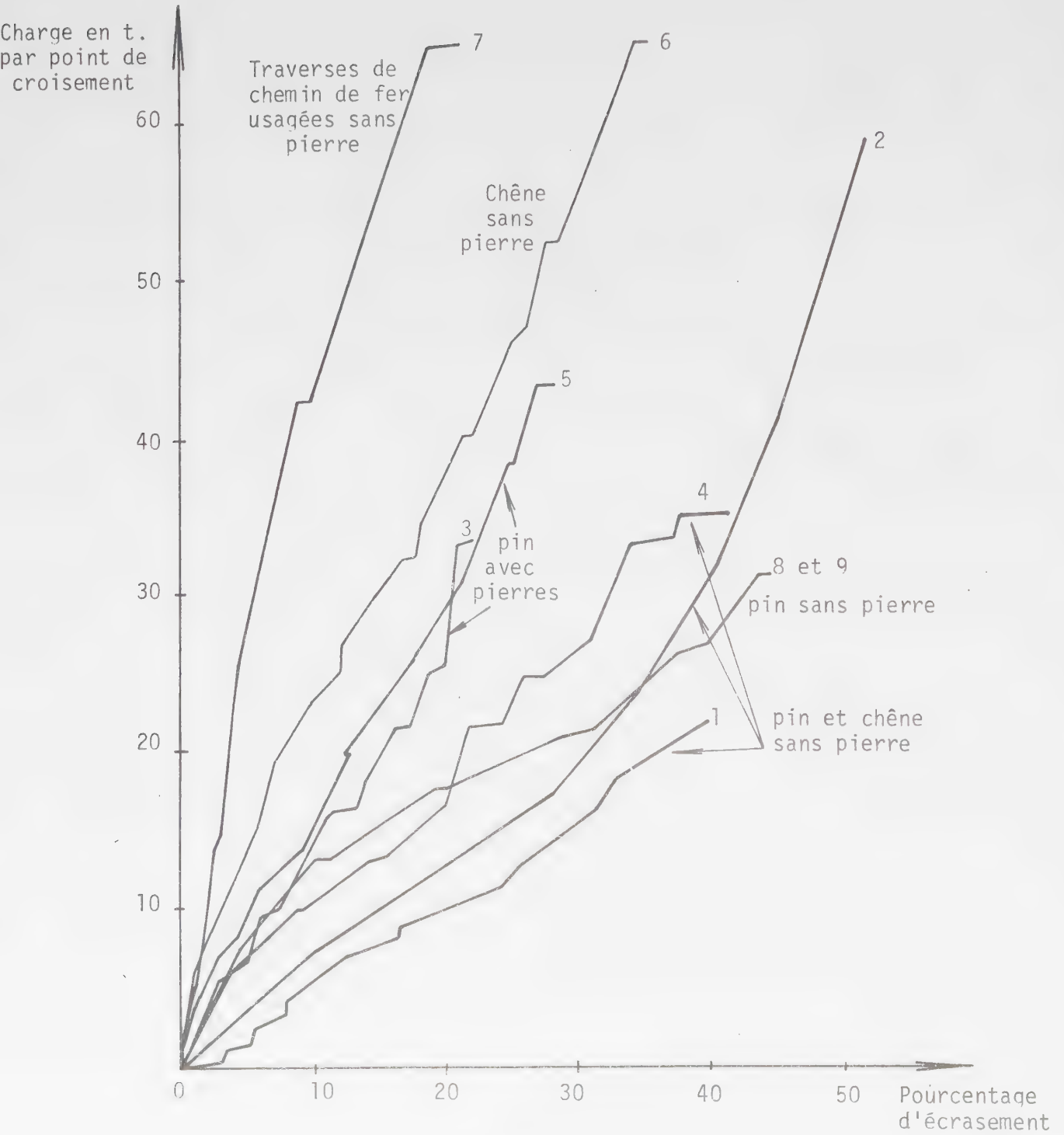
En étudiant la compression des piles de bois de différents rapports L/H (L = longueur et H = Hauteur), *WHITTAKER ET TITLEY* ont montré /21/, que les piles sont d'autant plus stables que le rapport L/H est grand (*figures 11a et 11b*). La figure 11 b donne la liaison entre la contrainte de rupture et le rapport longueur/hauteur des piles. On peut admettre que les piles sont stables quand le rapport L/H est supérieur à 0,65.

En ce qui concerne les autres types d'appuis, nous n'avons pas trouvé dans la limite de notre bibliographie, d'étude concernant l'influence de la dimension sur les caractéristiques des appuis.

FIG 12

COURBES D'ECRASEMENT DE 9 PILES DE BOIS EDIFIEES AVEC DES BOIS DE DIFFERENTES ESPECES

d'après H. VAN DUYSSE



. La rigidité des appuis

Si les appuis sont constitués de piles de bois, leur rigidité peut être modifiée en utilisant des matériaux durs et résistants (chêne, pièces de béton, traverses SNCF). L'influence du type de bois et le remplissage des piles sur la rigidité de celles-ci ont été montré par VAN DUYSE /19/ (figure 12). On note que jusqu'à une charge de 35 tonnes par point de croisement, c'est la pile de traverses SNCF qui montre le plus faible écrasement, par contre la pile de pin et chêne sans pierre est la plus souple. L'utilisation des pierres pour remplir les piles augmente leur rigidité. Mais au delà de 35 tonnes par point de croisement, la vitesse d'écrasement en fonction de la charge est presque la même pour les différentes piles quelle que soit la nature du bois. WITTAKER et TITLEY /21/ ont également montré que la résistance des piles augmente si les piles sont remplies de cailloux et qu'elle est proportionnelle à N^2 (N = nombre de bois par lit de la pile).

SCHILP /22/, a constaté que la rigidité des piles peut être augmentée en utilisant des poutres de béton dans les piles. Il a étudié ensuite la portance de deux types de piles, l'un a été construit en vieilles traverses de chemin de fer en chêne et l'autre a été faite de piles mixtes, formées de lits de madriers en chêne avec des lits de poutres de béton. Pour un écrasement de 10 % de la hauteur des piles, la charge par M^2 de surface de croisement est égale à 270 tonnes avec les premières et 630 tonnes avec les secondes (figure 13).

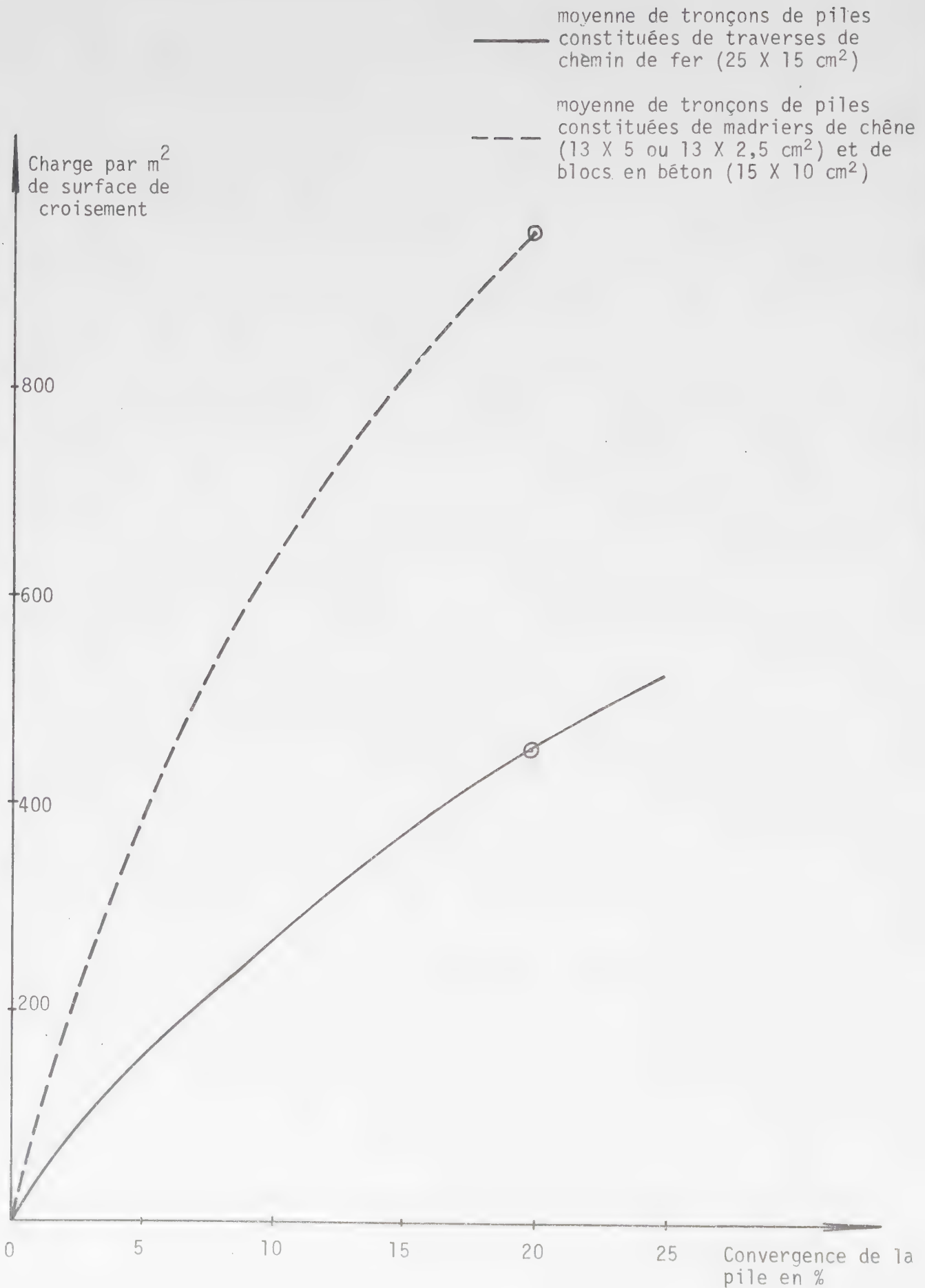
Le calage correct des piles au toit augmente leur stabilité et leur rigidité. Les piles qui sont bien serrées au toit prennent des charges plus rapidement que les piles qui ne sont pas calées correctement au toit. La mise en serrage des piles s'effectue normalement par des coussins hydrauliques ou des vérins hydrauliques.

En ce qui concerne les épis de remblai cimentés, on peut dire que leur rigidité est une fonction de la qualité et des caractéristiques des matériaux et du ciment qui les constituent. Si, par exemple, la prise du ciment est rapide, la rigidité des épis augmente rapidement et les épis peuvent supporter des charges plus élevées au bout d'un temps plus court après la mise en place que dans le cas où le ciment a une prise lente. Le rapport entre les résistances mécaniques des matériaux qui constituent l'épi de remblai, la température du fond, l'humidité ..., sont également des facteurs importants qui peuvent influencer la rigidité et les caractéristiques des épis.

FIG 13

COMPARAISON DE LA RIGIDITE DE PILES

d'après SCHILP



L'anhydrite a été utilisée comme un appui rigide. On distingue trois types d'anhydrite :

- Anhydrite naturel
- Anhydrite synthétique
- Anhydrite ultra rapide

En comparant ces types d'anhydrite, on a constaté qu'après la prise ils ont à peu près la même résistance, mais quand la température ambiante est élevée, l'anhydrite ultra rapide montre une résistance plus importante que l'anhydrite naturel. *LANGE, RAUSS et GARTE /23/*, ont résumé la différence entre ces différents types d'anhydrite en 2 points.

. La granulométrie : comme montre le tableau suivant :

Dimension des grains (mm)	Anhyd.Synth poids en %	Anhyd.Naturel poids en %	Anhyd.Ultra rapide poids en %
0,1	58	16	65
0,1 à 0,2	23	4	31
0,2 à 0,5	15	10	4
0,5	4	70	0

Grâce à sa proportion d'argile, l'anhydrite ultra-rapide montre à la prise un léger accroissement du volume et permet une bonne assise du toit.

. Le remplissage

L'anhydrite ultra-rapide a un facteur de remplissage de 40 % meilleur que l'anhydrite naturel ce qui lui donne un avantage du point de vue économique.

En étudiant la résistance à la compression des anhydrites, *NOCKEL /24/* a montré que des échantillons après un temps d'agglomération de 2 mois montrent une résistance de 170 à 200 Kg/Cm², d'autres échantillons montrent une résistance de 120 Kg/Cm² après 24 heures. Par rapport aux piles de bois l'anhydrite résiste plus rapidement et sa résistance augmente plus vite : les piles de bois doivent subir une certaine compression avant de pouvoir supporter une certaine charge, ce qui n'est pas le cas pour l'anhydrite.

CHAPITRE I

METHODE DE MESURES ET CONDITIONS DES ESSAIS

C H A P I T R E U N

METHODE DE MESURES ET CONDITIONS DES ESSAIS

P L A N

PAGE

I - <u>METHODES DE MESURES</u>	18
1.1 - <u>Mesures de caractérisation du comportement des appuis</u>	18
1.1.1 - Mesures de déformations superficielles	
. Ecrasement	
. Déplacement des appuis vers le vide de la voie	
1.1.2 - Mesures de déformations profondes	
(Expansion dans le charbon)	
1.1.3 - Mesures au laboratoire	
1.2 - <u>Mesures de déformations des voies de tailles</u>	22
1.2.1 - Mesures de déformations superficielles	
. Convergences	
. Déformée du toit	
1.2.2 - Mesures de déformations profondes	
(Expansion du toit)	
II - <u>CONDITIONS DES ESSAIS</u>	23
II.1 - <u>Présentation générale des campagnes de mesures</u>	23
. Chantiers étudiés au creusement	
. Chantiers étudiés au passage taille	

II.2 - Principe général des essais

24

II.2.1 - Essai de comparaison entre une dame d'anhydrite
et de piles de bois

II.2.2 - Essai d'étude d'influence sur les déformations
d'une voie de taille, de piles de rigidités
différentes mises en place en bordure de la voie

C H A P I T R E U N

METHODE DE MESURES ET CONDITIONS DES ESSAIS

I - METHODES DE MESURES

Les méthodes de mesures que nous avons utilisées ont été décrites dans des études antérieures /6/ et /25/. L'objectif de cette partie n'est donc pas de montrer de nouvelles techniques de mesures, mais de rappeler celles que nous avons faites au cours de nos essais. Ces mesures sont de deux types :

- Mesures de caractérisation du comportement des appuis
 - . Mesures de déformations superficielles
 - . Mesures de déformations profondes
 - . Mesures au laboratoire
- Mesures des déformations des voies de tailles

Toutes ces mesures ont été effectuées in situ, elles comportent :

- . Mesures de déformations superficielles
- . Mesures de déformations profondes

Le premier type de mesures permet d'étudier le comportement des appuis naturels (charbon) et artificiels (piles de bois, anhydrite etc...), le long des voies de taille.

Les autres permettent d'étudier l'influence de ces facteurs.

I.1 - Mesures de caractérisation du comportement des appuis

I.1.1 - Mesures de déformations superficielles

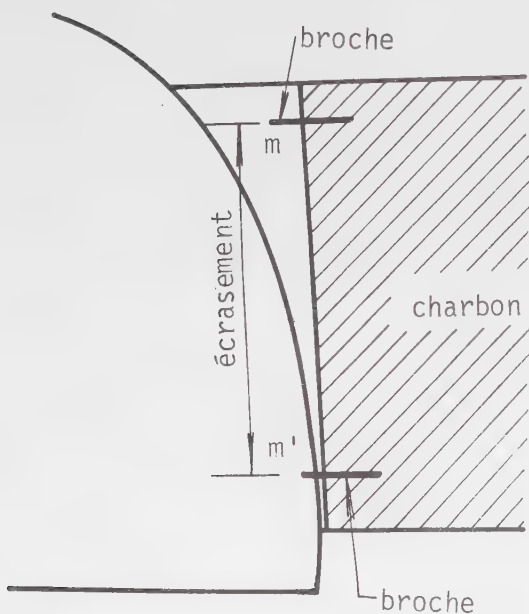
- Ecrasement

L'écrasement de l'appui naturel constitué par le charbon

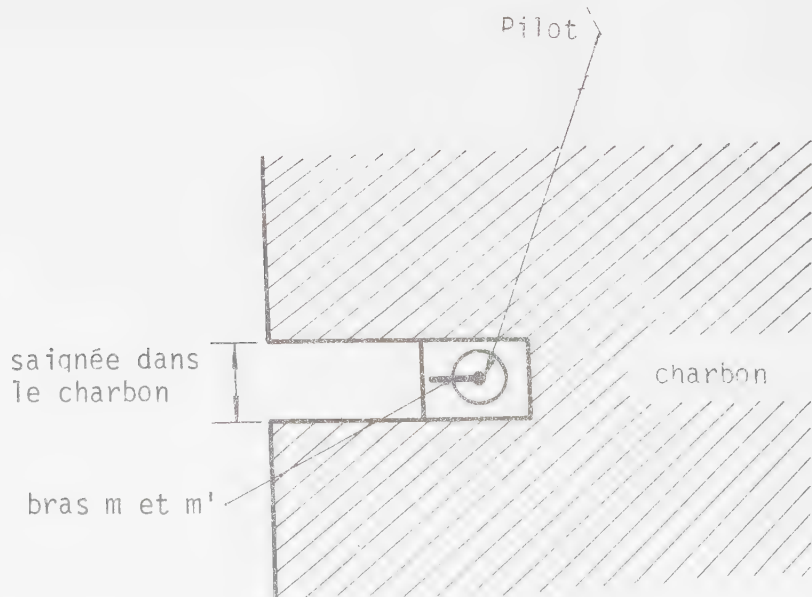
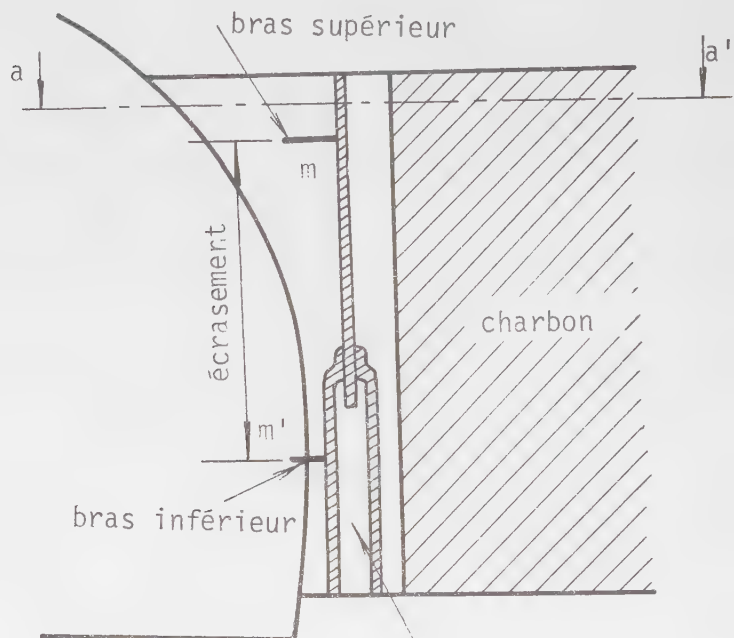
FIG 14

MESURE D'ECRASEMENT DU CHARBON

- a - en utilisant deux broches



- b - en utilisant un pilot coulissant



Coupe aa' parallèle aux épontes

en place peut être mis en évidence par deux méthodes.:

. En mesurant le rapprochement de deux broches fixées au parement dans une saignée perpendiculaire aux épontes, l'une à proximité de la limite inférieure de la veine et l'autre à la proximité de sa limite supérieure. (*Figure 14a*).

. En mesurant le rapprochement entre le toit et le mur de la veine du charbon au moyen de pilots télescopiques placés perpendiculairement aux épontes, dans une saignée faite dans le charbon en bordure de la voie (*figure 14b*) ; les mesures d'écrasement étant prises entre le bras inférieur et le bras supérieur du pilot.

Les mesures d'écrasement du charbon ont été effectuées dans les voies au cours de l'exploitation de premières tailles et uniquement sur le côté massif (opposé au côté exploité).

L'écrasement de l'appui artificiel constitué par des piles de bois montées derrière la taille en bordure de la voie a été mesuré par le rapprochement de deux repères, l'un sur le chapeau repris par la pile et l'autre sur le fer placé sous la pile.

- Déplacement des appuis vers le vide de la voie

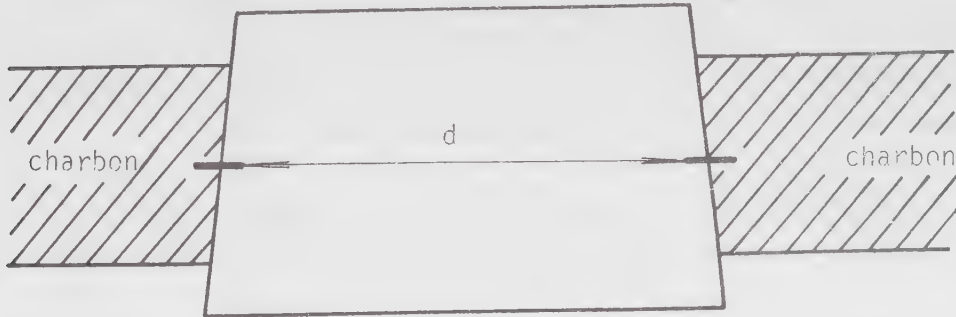
Le déplacement de l'appui naturel (charbon) est connu sous le nom, fluage du charbon. Le fluage peut être mesuré par le rapprochement de deux broches implantées dans les parements de la voie (*figure 15a*). Cette méthode donne le fluage global de deux côtés de la voie ; elle ne permet pas d'apprécier la part provenant de chaque côté et ne permet pas de continuer les mesures du fluage du charbon non exploité après le passage de la taille.

Le fluage séparé peut être mesuré par rapport à une verticale supposée fixe, située à l'aplomb d'une broche du toit proche du massif (*figure 15b*). Cette mesure n'est qu'un fluage relatif charbon-toit, mais le mouvement horizontal du toit peut être négligé si la flèche du toit reste faible.

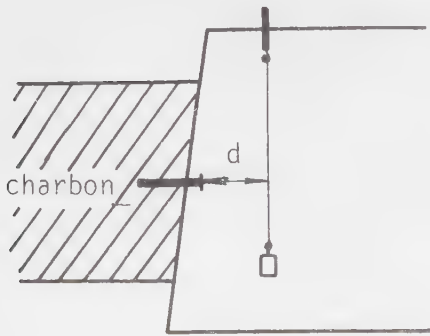
FIG 15

MESURE DE DEPLACEMENT DES APPUIS VERS LE VIDE DE LA VOIE

- a - Fluage global du charbon (distance d)



- b - Fluage séparé du charbon (distance d)



- c - Déplacement de la pile (distance d)

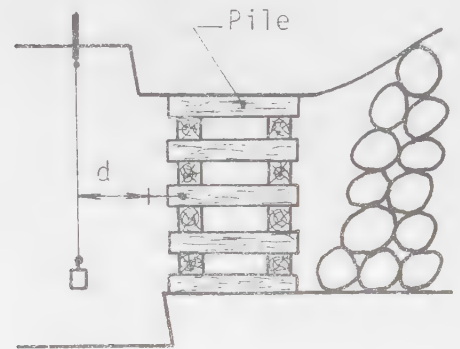
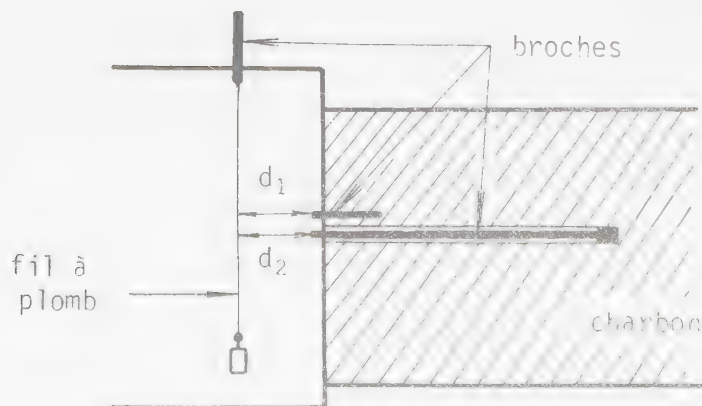


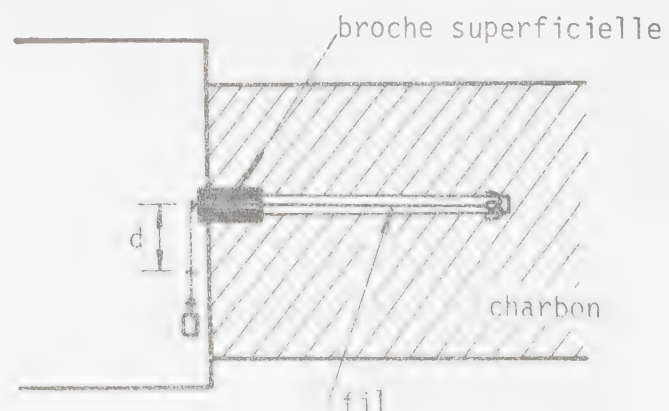
FIG 16

MESURE D'EXPANSION DANS LE CHARBON

- a - Expansion du charbon = différence entre les deux fluages d_1 et d_2



- b - Expansion du charbon = variation de la distance (d)



Le déplacement des piles vers le vide de la voie peut être mesuré, comme le fluage séparé du charbon, par le rapprochement d'un point marqué sur la pile et un fil à plomb fixé à une broche du toit proche de la pile (*figure 15c*).

I.1.2 - Mesures de déformations profondes (expansion dans le charbon)

L'expansion dans le charbon peut être mise en évidence en mesurant le fluage du charbon à différentes profondeurs en utilisant des broches de différentes longueurs, la différence entre le mouvement horizontal de deux broches de longueurs L_1 et L_2 donne l'expansion du charbon sur la distance $(L_1 - L_2)$ qui sépare l'ancrage des deux broches (*figures 16a,b*).

I.1.3 - Mesures au laboratoire

Il s'agit de mesurer au laboratoire quelques caractéristiques mécaniques du charbon et en particulier le module d'élasticité et la contrainte à la rupture. Ces mesures sont effectuées sur des éprouvettes découpées dans des blocs de charbon prélevés en bordure de la voie.

L'étude des caractéristiques mécaniques au laboratoire a été effectuée également sur quelques types d'appuis artificiels (piles de bois et anhydrite).

En ce qui concerne les piles de bois, on a étudié :

- . La résistance de différents types de bois (traverses SNCF, chêne et hêtre)
- . L'influence de la précontrainte de chaque bois entrant dans la constitution des piles, d'une part, et de chaque pile, d'autre part, sur leur résistance.

FIG 17

ESSAIS AU LABORATOIRE DE PILES AVEC COUSSIN HYDRAULIQUE

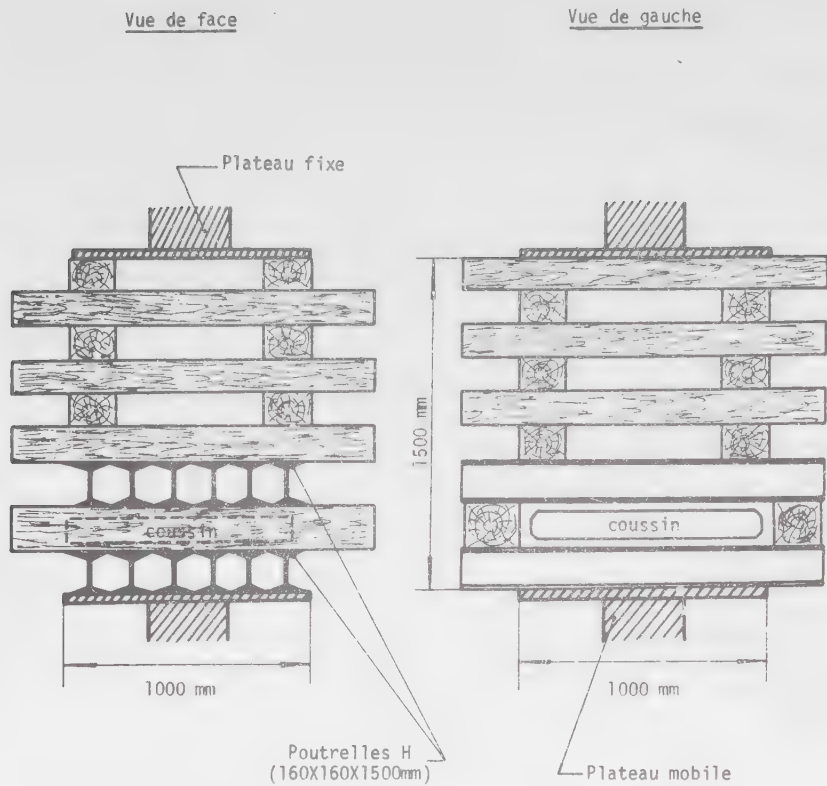
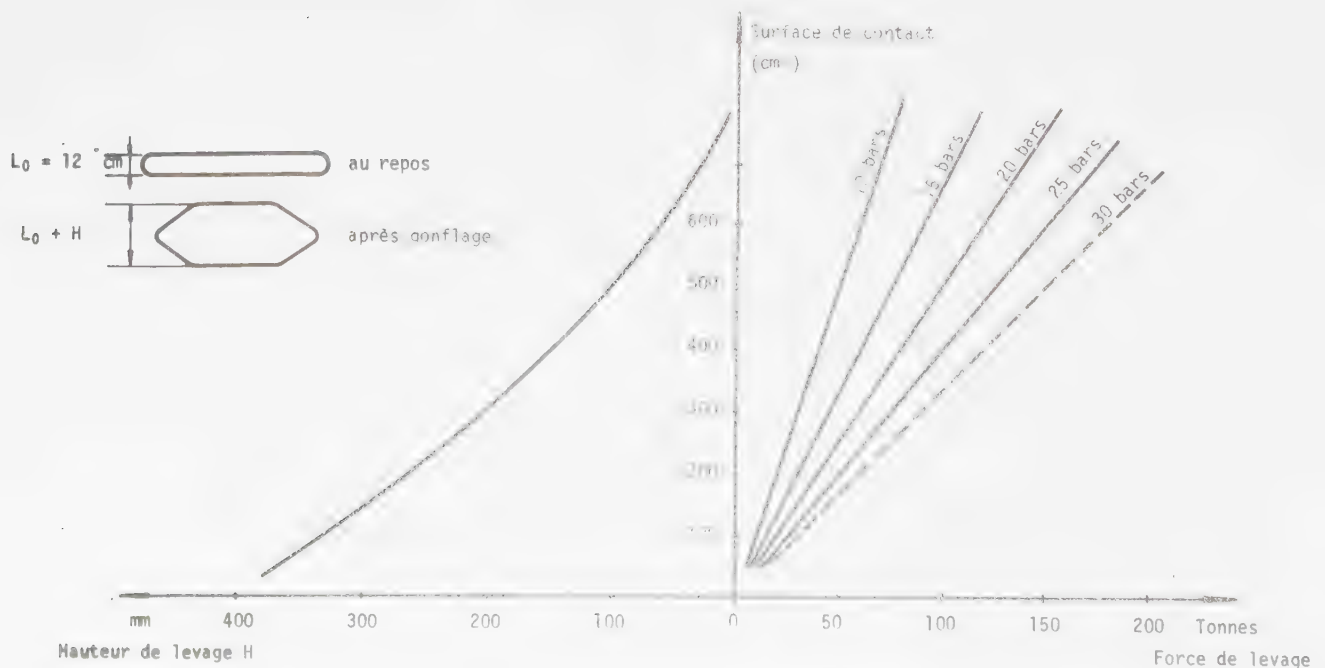


FIG 18

CARACTERISTIQUES DU COUSSIN HYDRAULIQUE M 100



La mesure de la résistance des différents types de bois est effectuée au laboratoire en comprimant chaque bois et en enregistrant les courbes effort/déformation.

Les essais au laboratoire des piles serrées par coussin hydraulique*, ont été réalisés comme suit (figure 17).

- Mise en serrage de la pile entre les deux plateaux immobiles de la presse, à l'aide du coussin gonflé à l'eau par l'intermédiaire d'un compresseur.

- Après fonctionnement de la soupape de surpression (30 bars), calage de la pile de part et d'autre du coussin, dégonflement et retrait du coussin.

- Compression de la pile jusqu'à 150 à 180 tonnes (limite de la presse) en enregistrant la courbe effort/écrasement.

L'objectif des essais mécaniques au laboratoire sur l'anhydrite est de déterminer sa résistance à la compression en fonction du temps de prise.

Au cours des essais sur l'anhydrite, on fait des prélèvements d'éprouvettes d'anhydrite, juste au moment de la mise en place derrière la taille, on effectue au laboratoire les essais mécaniques sur ces éprouvettes 1, 2, 3 ... 10 jours après leur prélèvement.

* Le coussin hydraulique utilisé pour la mise en serrage des piles a la forme d'un parallélépipède rectangle de base carrée 1 m x 1 m et de hauteur au repos 12 cm. Le coussin est gonflé à l'eau jusqu'à une pression de l'ordre de 30 bars. Les caractéristiques du coussin sont données sur la figure 18, qui montre la liaison entre hauteurs de levage, forces de levage et surface de contact pour différentes valeurs de pression interne. (Publications techniques des Charbonnages)

FIG 19

MESURE DE CONVERGENCES

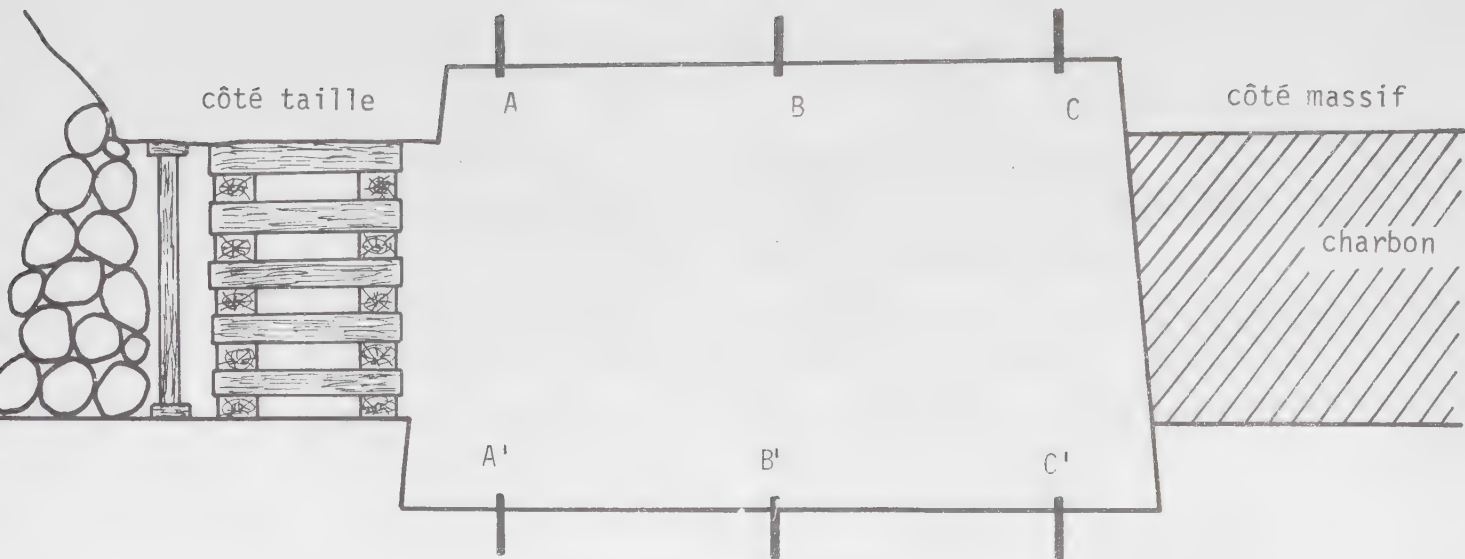
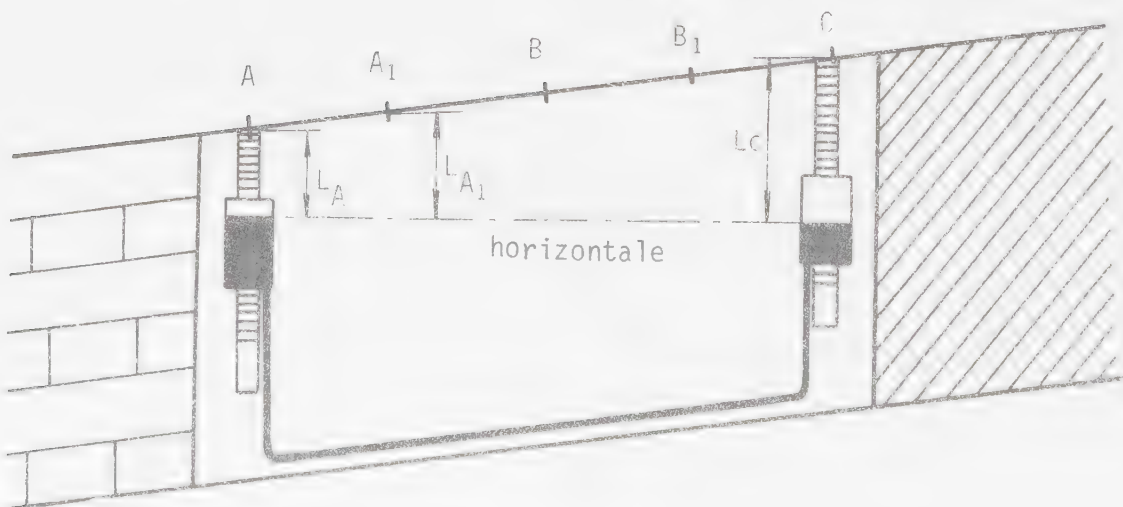


FIG 20

MESURE DE LA DEFORMEE DU TOIT



Mouvement relatif de la broche A par rapport à la broche C =
variation de la distance ($L_A - L_C$)

I.2 - Mesures de déformations des voies de tailles

I.2.1 - Mesures de déformations superficielles

- Convergences

Les mesures de convergences sont connues depuis plusieurs années. Par définition, la convergence est la variation de la distance mesurée entre deux broches implantées perpendiculairement aux épontes, l'une au toit et l'autre au mur, les deux broches constituent ce que l'on appelle un doublet. Selon la position du doublet dans la section transversale de la voie, la convergence peut être mesurée côté taille, milieu de la voie ou côté opposé au côté taille (figure 19).

- Déformée du toit

Ces mesures ont pour objectif de déterminer la déformation et le basculement du toit pendant son affaissement. En combinant ces mesures avec celles de convergences on peut déterminer la déformée du mur.

Le principe de la mesure est de déterminer le mouvement relatif de quelques broches (en général 5) par rapport à une broche côté massif. Toutes ces broches sont posées au toit dans une même section transversale de la voie.

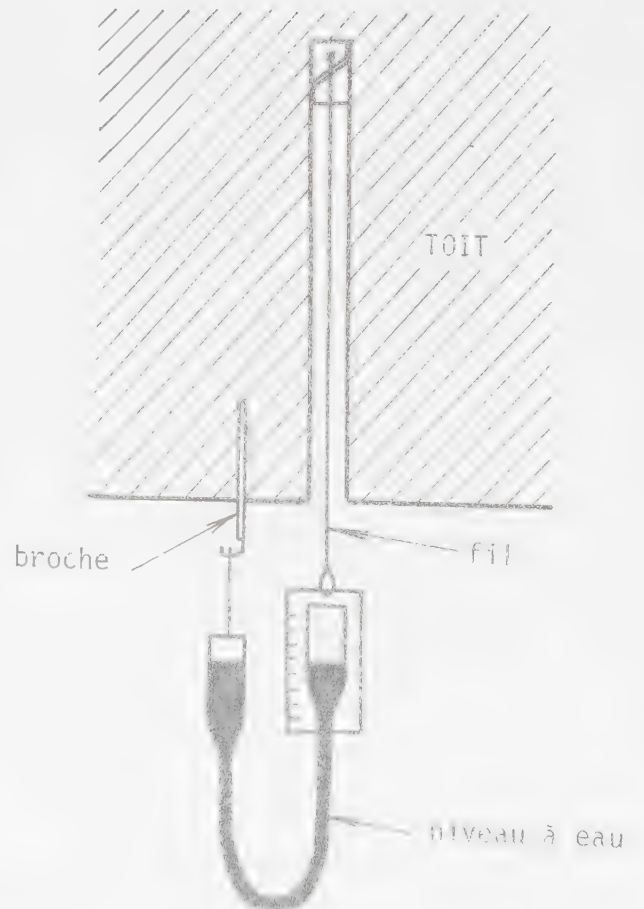
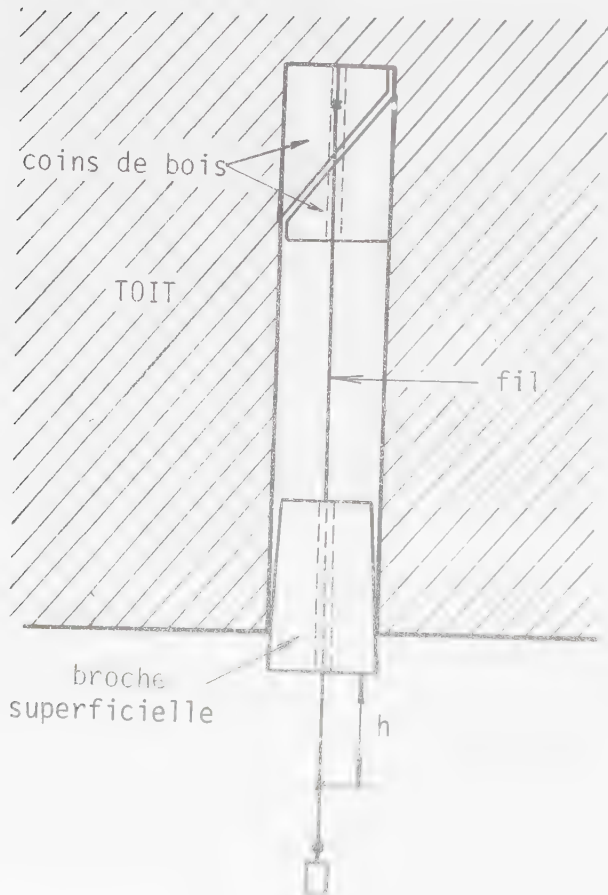
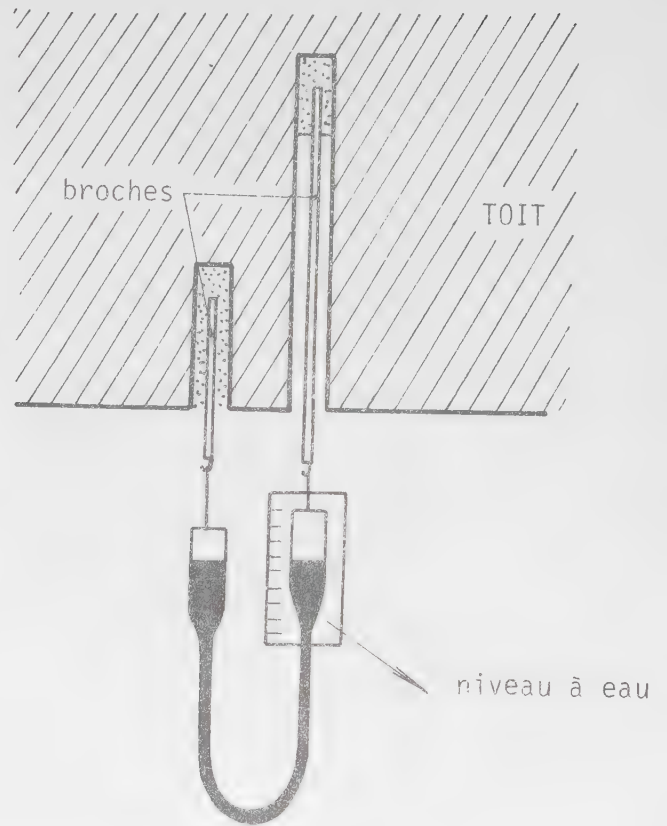
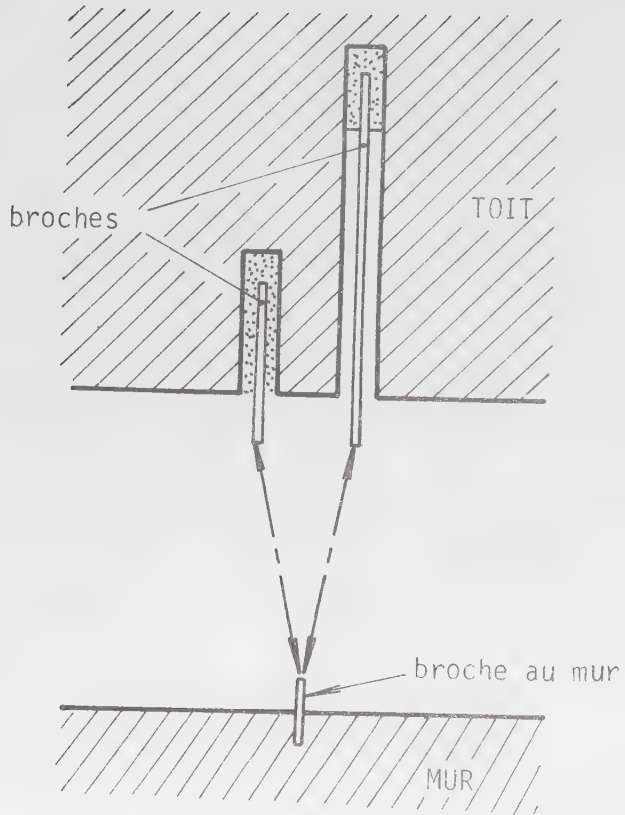
La méthode la plus simple pour mesurer la déformée du toit est celle du niveau à eau. Cette méthode a été décrite par BACHACOU et LALLEMENT /25/. La figure 20 donne un schéma du dispositif de mesure.

I.2.2 - Mesures de déformations profondes (expansion du toit

La mesure d'expansion constitue l'élément principal

FIG 21

DISPOSITIFS DE MESURE DE L'EXPANSION



d'une appréciation de l'état du toit, elle indique les décollements des strates du toit, leur feuilletage et par là leur dégradation.

La mesure peut être effectuée par différentes méthodes, toutes relativement simples /25/. La figure 21 en présente quelques unes :

- . Mesure de la distance entre une broche au mur et chacune des broches de différentes longueurs au toit.

- . Mesure du mouvement relatif des broches de différentes longueurs par rapport à une broche superficielle.

- . Mesure du déplacement relatif des points marqués sur des fils fixés à différentes profondeurs dans un trou par rapport à une broche superficielle. Cette mesure peut être faite soit au moyen d'une règle graduée, soit au moyen du niveau à eau.

Les broches ou les fils de différentes longueurs permettent de mesurer l'expansion à différents niveaux dans le toit (généralement à 1,80 m, 2,40 m et 4,00 m). L'utilisation des fils est préférable en particulier quand la mesure de l'expansion à une grande profondeur dans le toit est nécessaire.

- Stations de mesures

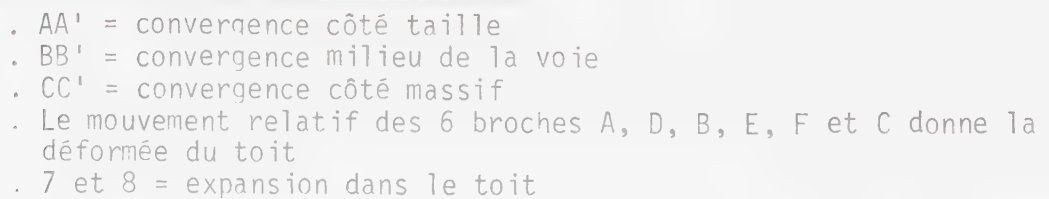
L'ensemble des dispositifs de mesures décrits ci-dessus sont regroupés dans des sections de voies en stations de mesures, comme sur la figure 22.

II - CONDITIONS DES ESSAIS

II.1 - Présentation générale des campagnes de mesures

Les mesures qui ont permis notre étude ont été réalisées dans des voies des Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais et des Houillères du Bassin de Lorraine. Ces chantiers peuvent être classés selon la phase d'exploitation où ils se trouvent lors des études.

STATION COMPLETE DE MESURES



- Chantiers étudiés au creusement

Dans ces voies nous avons étudié lors du creusement :

- . Le comportement du charbon en place et en particulier son fluage et son expansion
- . L'influence de quelques facteurs sur le comportement du charbon (par exemple le traitement du parement, l'influence des exploitations sus-jacentes etc...).
- . L'influence du comportement du charbon sur la convergence dans la voie.

Le tableau 1 donne les caractéristiques générales de ces chantiers * 1

- Chantiers étudiés au passage de la taille

Dans ces voies, nous avons étudié, au cours de l'exploitation d'une première taille :

- . Le comportement des appuis naturels (fluage, écrasement, expansion et module d'élasticité) et le comportement d'appuis artificiels.
- . L'influence de leur comportement sur les déformations des voies.

Ces chantiers * 2 et leurs caractéristiques sont donnés sur le tableau 1.

II.2 - Principe général des essais

Comme nous l'avons signalé, les essais que nous avons réalisés dans les voies de tailles ont comme objectifs essentiels :

- . L'étude du comportement des appuis naturels et artificiels des voies de tailles.

* 1 Ce sont les chantiers numérotés (1 à 11)

* 2 Ce sont les chantiers numérotés (5 à 11).



TABLEAU (1) : CARACTERISTIQUES GENERALES DE CHANTIERS ET MESURES EFFECTUEES

N° d'étude	Campagne	Phase d'étude (*)	Nom du chantier et localisation	Ouverture (m)	Largeur (m)	Pendage α°	Profondeur (m)	Conditions sus-jacentes	Soutènement au creusement		Protection de la voie derrière taille	Mesures					
									Toit	Parement		Convergence	Déformée toit	Expansion toit	Fluage charbon	Ecrasement charbon	Ecrasement pile
1	24	C	Amé, VC 8, Liévin	1,12	3,20	13	680	exploitation	boulonnage	boulonné ou non		x			x		
2		C	St Louis, VC 1 bis	1,60	3,00	11	640	divers	cintre TH			x			x		
3	221	C	Geneviève, D 11 bis, 4 sud	1,10	3,00	2	960	exploitation à 80 m	grillage boulonné	grillage		x		x	x		
4	260	C	Alfred, D 92, 4-sud	1,80	4,50	4	830	rien	grillage boulonné	grillage		x		x	x		
5	222	C + T	Geneviève, D 102, 4 sud	1,10	3,00	2	960	limites d'exploit.	grillage boulonné	grillage	piles	x		x	x		
6	226	C + T	Lazare, D 161, 4 sud	0,70	3,50	5	900	exploitation	grillage boulonné		piles souples	x	x	x	x		
7	227	C + T	Lazare, D 162, 4 sud	0,70	3,50	5	900	limite d'exploit.	grillage boulonné		piles souples	x	x	x	x		
8	251	C + T	Grande veine, D 311, 24 nord	2,00	4,50	5	630	divers	grillage boulonné	grillage boulonné	piles	x		x	x		
9	253	C + T	Grande veine, D 312, 24 nord	2,00	4,50	5	630	divers	grillage boulonné	grillage boulonné	piles			x	x		
10	343	C + T	6 sillons, VC 31	1,10	5,00	5	880	exploitation	grillage boulonné	grillage boulonné	piles serrées par coussin hydraulique	x			x		
11	999	C + T	Veine 1, descenderie centrale, La Houve	1,90	4,50	5	610	rien	boulonnage	grillage	piles de différente rigidité	x	x	x	x	x	x
12	1	T	EMSE 395, La Houve	1,47		16	395	rien	cintre TH		épi	x					
13	4	T	ENE 500, La Houve	1,60		10	460	rien	cintre TH		épi				x	x	x
14		T	Veine 3, voie de tête panneau II, Wendel	2,80	4,50	5	750	limite d'exploit.	grillage boulonné	boulonnage	piles	x	x				
15	18	T	Coecillia, VC 2, 4 Lens	0,90		12	450	exploitation	cintre TH		piles rigides trav. SNCF	x					
16		T	Jacques, D 22	0,70	4,50	11	915	exploitation	grillage boulonné	grillage boulonné	piles souples	x		x	x		
17	191	T	Veine 30°, T 254, Auchel	1,10	3,50	7	650	divers	cintre TH		piles ou anhydrite	x		x			
18	242	T	Geneviève, D 34, 4 sud	1,10	3,50	5	970	rien	grillage boulonné	grillage	piles souples			x	x		
19	261	T	Alfred, D 99	1,80	4,50	4	830	rien	grillage boulonné	grillage	piles	x		x	x		
20	270	T	Geneviève, D 32, 4 sud	1,00	3,50	10	550	divers	cintre TH		piles ou anhydrite	x		x			
21	325	T	Marthe, D 592, 4 Lens	1,65	4,50	8	750	exploitation	grillage boulonné	grillage	piles simpl. ou serrées par coussins			x	x		

(*) C = creusement, T = taille



- . L'étude de l'influence de quelques facteurs sur le comportement des appuis.

- . L'étude de l'influence du type d'appuis et l'amélioration de ses caractéristiques, en particulier sa rigidité sur les déformations des voies.

Le premier point a été étudié à partir d'analyses faites sur les mesures de paramètres qui caractérisent le comportement des appuis le long des voies de taille (fluage, écrasement, caractéristiques mécaniques etc...).

Pour atteindre le deuxième et le troisième objectifs nous avons effectué des études comparatives. Le principe de ces études est de comparer, dans une même voie, des zones influencées par le facteur considéré et des zones non influencées.

L'influence des facteurs non étudiés doit être neutralisée. Les précautions essentielles de ce type d'études sont les suivantes :

- . Les zones à comparer doivent être alternées. Des répétitions permettent le plus souvent de contrôler l'influence du facteur terrain, c'est-à-dire les différences existants dans le comportement des terrains d'un point à un autre d'un même chantier pour une même modalité du facteur étudié.

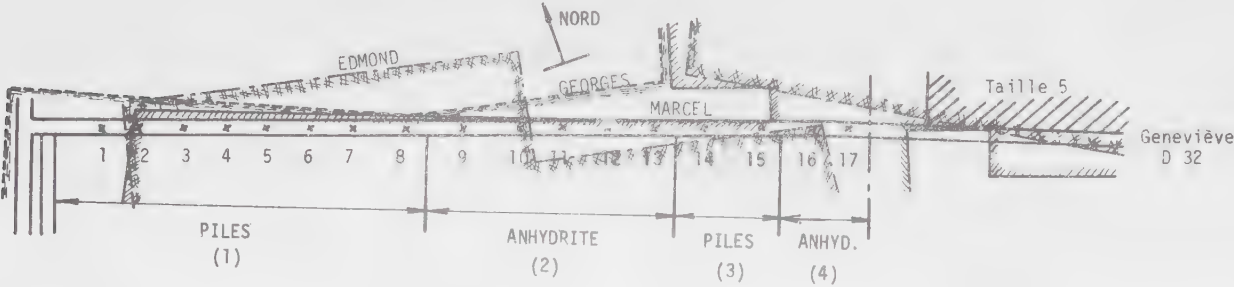
- . Les zones doivent être placées dans des conditions d'exploitations sus-jacentes comparables (limite d'exploitation, stot, zones exploitées, zones non exploitées).

- . La longueur de chaque zone doit être déterminée en fonction de la périodicité des convergences, dans la voie (CHAMBON /26/). Chaque zone doit couvrir une longueur au moins égale à la longueur de la période qui caractérise la voie.

Nous donnons ci-dessous deux exemples de plans expérimentaux.

FIG 23

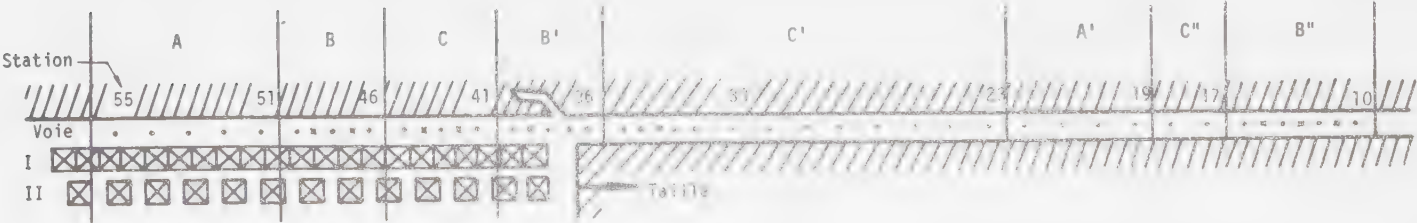
PLAN D'IMPLANTATION DES ZONES D'ESSAI DANS LA VOIE
H.B.N.P.C. GENEVIEVE 3W



- Edmond à 130 m
 - Marcel à 105 m
 - Georges à 75 m.
- Exploité (hatched box)
Non exploité (empty box)

FIG 24

SCHEMA DES ZONES D'ESSAI ET POSITION DES STATIONS DE MESURE
DESCENDERIE CENTRALE, VEINE 1, LA HOUE, H.B.L.



ZONES	PILE I (*)	PILE II
A, B, B'	Traverses SNCF sans serrage.	Traverses SNCF sans serrage.
B, B' et B''	Piles de chêne sans serrage.	Traverses SNCF serrées par coussin hydraulique.
C, C' et C''	Piles de chêne sans serrage.	Piles de chêne sans serrage.

(*) Ces piles I sont remplies de cailloux dans toutes les zones

II.2.1 - Essai de comparaison entre une dame d'anhydrite et de piles de bois

Cet essai a été effectué dans la voie D 32, veine Geneviève, 3 Ouest, HBNPC.

La figure 23 représente un plan de la voie étudiée avec :

- . L'implantation des stations de mesures
- . L'implantation des zones d'essai
- . La projection des anciennes exploitations dans les veines au-dessus.

Bien que les zones traitées par anhydrite et celles traitées par piles soient alternées, l'ensemble de la voie est soumis à des influences diverses en ce qui concerne les exploitations sus-jacentes ; on peut signaler :

- . La zone 1 et la zone 2 soumises à des limites d'exploitation à plus de 100 m au-dessus et qui sont dans des situations à peu près comparables
- . La zone 3 et la zone 4 soumises à l'influence de stots à plus de 100 m, dans des situations également comparables.

II.2.2 - Essai d'étude d'influence, sur les déformations d'une voie de taille, de piles de rigidités différentes mises en place en bordure de la voie

Cet essai a été réalisé dans la descenderie centrale, veine 1, La Houve, HBL. Il s'agit d'étudier ici l'influence sur les déformations de cette voie de deux facteurs.

- La mise en serrage par coussin hydraulique de piles, côté foudroyé

- L'amélioration de la qualité du bois utilisé dans la confection des piles. Cette amélioration a été faite par le remplacement du chêne utilisé par des traverses SNCF.

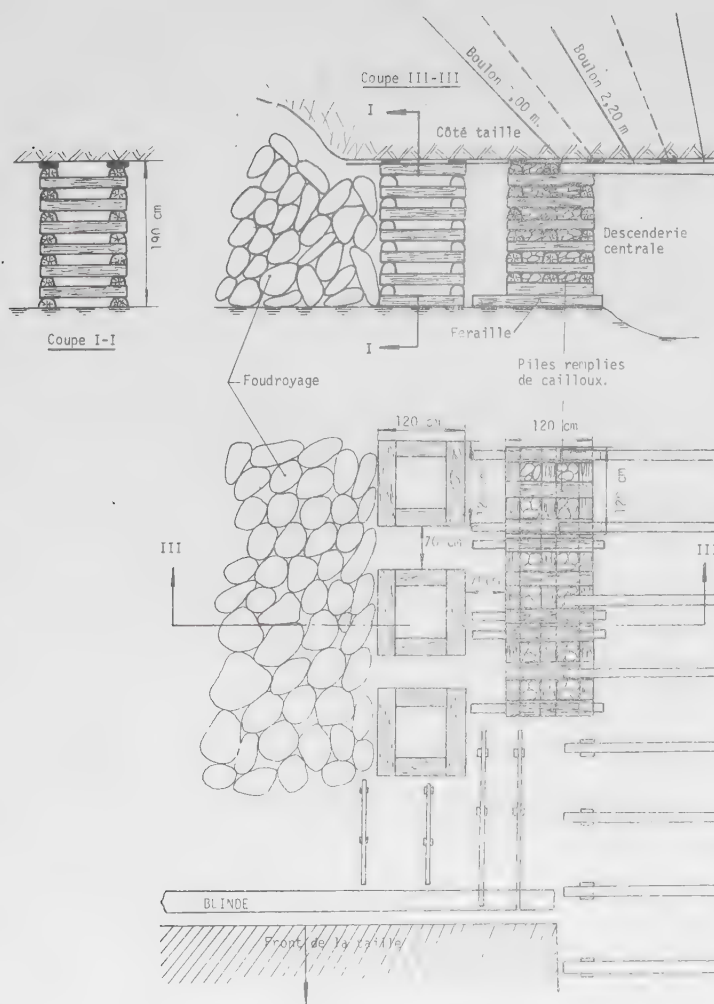


FIG 25a

SCHEMA DE RENFORCEMENT DE LA VOIE
DERRIERE TAILLE DANS LES ZONES CLASSIQUES

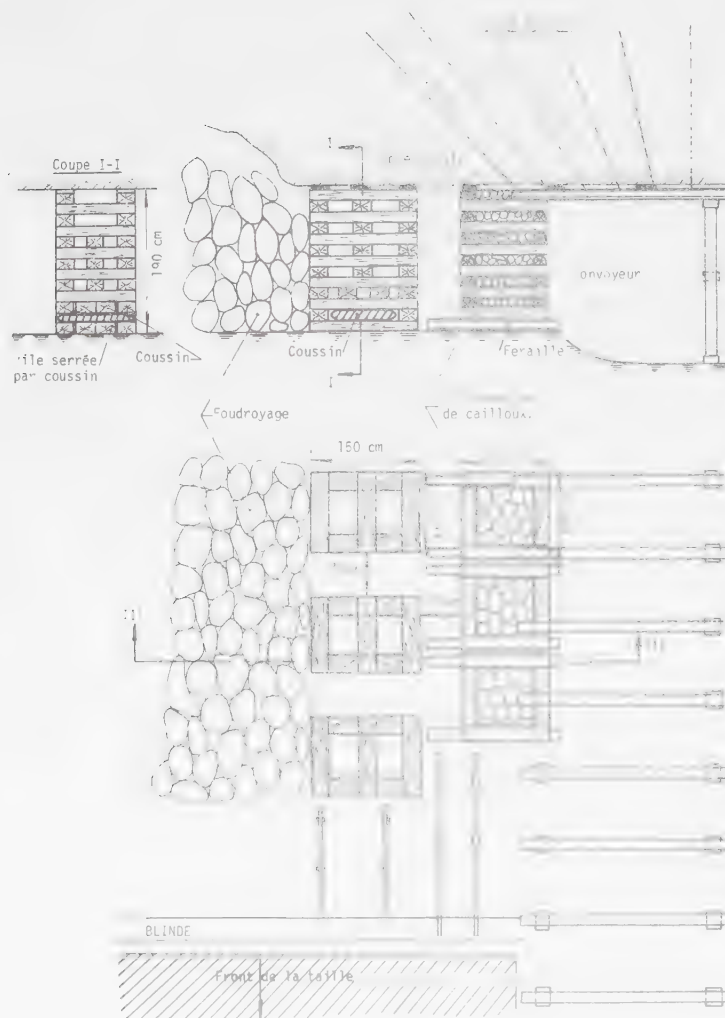


FIG 25b

SCHEMA DE RENFORCEMENT ET
SOUTÈNEMENT DE LA VOIE DERRIERE TAILLE
DANS LES ZONES MODIFIÉES (Coussin)

Il y a donc trois modalités à comparer :

- . Les piles utilisées habituellement le long de la voie (bois de chêne)
- . Les piles serrées par coussin hydraulique
- . Les piles construites en traverses SNCF.

La figure 24 montre un schéma des zones d'essai et les positions des stations de mesures par zone.

L'essai a comporté des zones disposées selon le principe de l'alternance et de la répétition des modalités utilisées ; on peut noter que :

. Les zones C, C' et C'' sont équipées en modalité dite "classiques" de traitement de l'appui utilisé dans cette voie. Elle consistait à mettre derrière la taille en bordure de la voie des piles jointives de chêne équarri sur deux faces à 9 points de croisement et remplie de cailloux ; les piles situées en bordure du foudroyage, également en chêne équarri sur deux faces, ne comportent que 4 points de croisement sans remplissage.

Chaque pile a comme base 1,20 m x 1,20 m et 1,90 m de hauteur (figure 25a).

. Les zones B, B', B'' sont traitées par la nouvelle méthode consistant à poser côté foudroyé des piles très rigides constituées de traverses SNCF à 9 points de croisement mises en serrage par coussin hydraulique et côté voie des piles jointives en chêne équarri sur 2 faces à 4 points de croisement remplies de cailloux (figure 25b).

La base des piles serrées par coussin hydraulique est de 1,10 x 1,50 m et celle des piles côté voie est 1,20 m x 1,20 m. La hauteur des piles est de l'ordre de 1,90 m.

. Les zones A et A' sont traitées de la même manière que les zones "classiques" mais en remplaçant le bois de chêne par des traverses SNCF.

MEMORANDUM

ETUDE DU COMPORTEMENT DES APPUIS

CHAPITRE DEUX

ETUDE DU COMPORTEMENT DES APPUIS

P L A N

	<u>PAGE</u>
<u>I - COMPORTEMENT DE L'APPUI NATUREL</u>	30
I.1 - Etude de quelques caractéristiques mécaniques du charbon	30
I.2 - Fluage du charbon	31
I.2.1 - Au creusement	
I.2.2 - Au passage de la taille	
I.2.3 - Liaison entre différents paramètres du fluage	
I.3 - Expansion du charbon	34
I.3.1 - Au creusement	
I.3.2 - Au passage de la taille	
I.4 - Ecrasement du charbon	37
<u>II - COMPORTEMENT DES APPUIS ARTIFICIELS</u>	39
II.1 - Résistance mécanique de l'appui	39
II.1.1 - Résistance de l'anhydrite	
II.1.2 - Résistance de différentes piles de bois	
II.2 - Ecrasement des appuis artificiels	41
<u>III - ETUDE COMPARATIVE DES DEFORMATIONS DES APPUIS DES DEUX COTES</u> <u>D'UNE VOIE PRELEVANT UNE PARTIE DE LA</u>	43
<u>IV - CONCLUSION</u>	46

C H A P I T R E D E U X

ETUDE DU COMPORTEMENT DES APPUIS

Dès son creusement, les appuis du toit d'une voie sont constitués normalement par le charbon des deux parements, jusqu'au passage de la taille. Ce sont les appuis naturels. Au cours de l'exploitation du charbon de part et d'autre de la voie, les appuis naturels doivent être remplacés par des appuis artificiels (piles de bois, épi de remblai, dame d'anhydrite etc...).

Le comportement d'une voie et de ses appuis sont tout-à-fait différents au cours de son creusement et pendant l'exploitation.

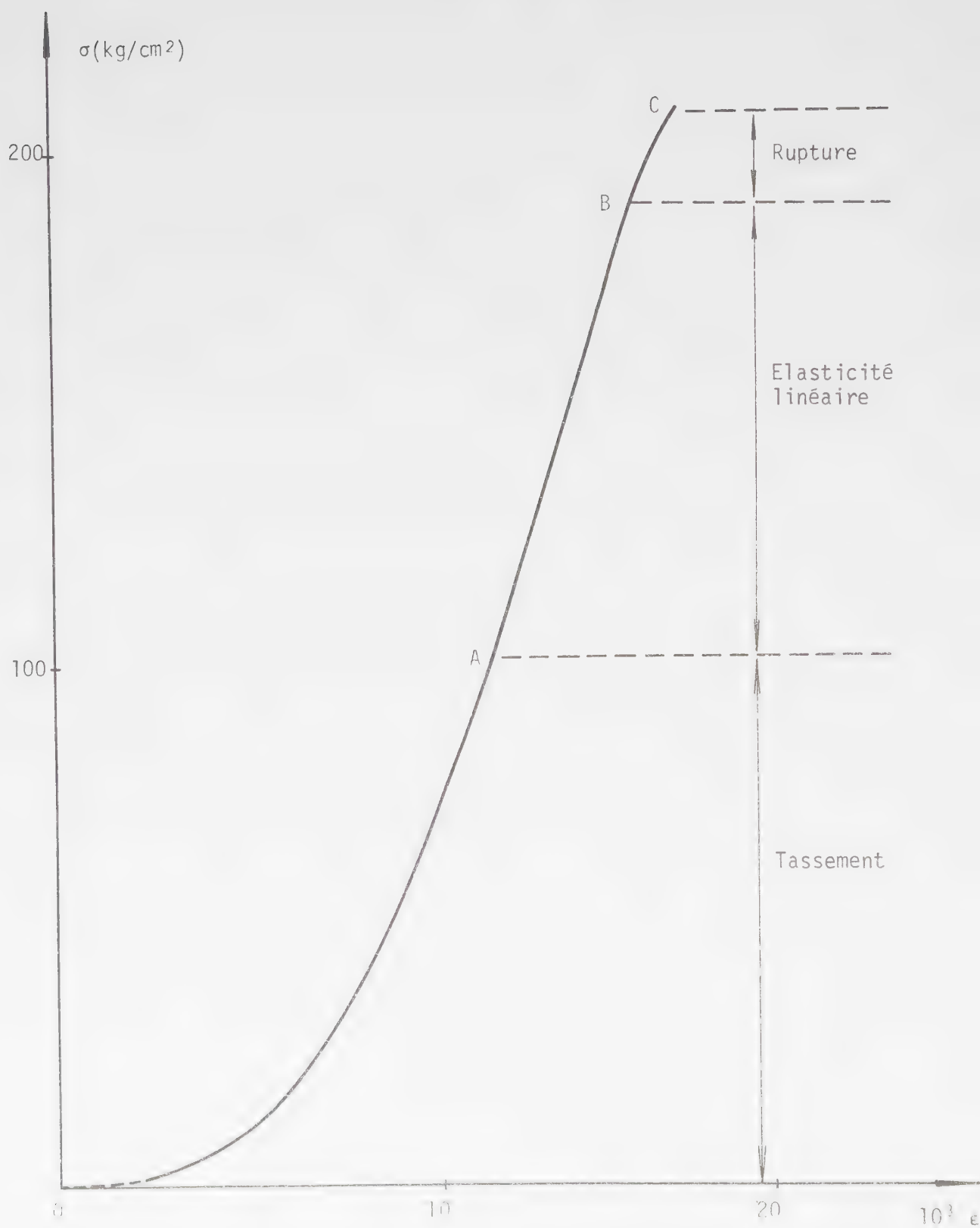
Au cours du creusement, les déformations des deux côtés de la voie sont généralement faibles et symétriques. Par contre, pendant l'exploitation d'une première taille, ces déformations sont dissymétriques et de forte amplitude.

Nous allons étudier le comportement des appuis d'une voie pendant les deux phases : au creusement et au passage de la taille.

FIG 26

COURBE σ/ϵ D'UNE EPROUVETTE DE CHARBON

d'après VIALLET



I - COMPORTEMENT DE L'APPUI NATUREL

1.1 - Etude de quelques caractéristiques mécaniques du charbon

Quelques caractéristiques mécaniques du charbon et en particulier son module d'élasticité et sa résistance à la rupture, ont une influence importante sur les déformations des voies de taille. Comme nous le montrerons au chapitre III, il y a une liaison entre le module d'élasticité du charbon et les déformations des voies (convergence et basculement du toit).

Les caractéristiques mécaniques du charbon ont fait l'objet d'études antérieures (RAFFOUX et VIALLET /27/). Ces études ont montré que les courbes de contrainte de compression simple en fonction du raccourcissement de l'éprouvette ont toutes la même forme.

On observe 3 phases, comme le montre la figure 26 :

- une phase de tassement
- une phase élastique
- une phase de rupture

La première phase est caractérisée par la fermeture des fissures existant dans l'éprouvette, les courbes dans cette phase sont passibles d'une représentation de la forme :

$$\sigma = a (\epsilon - \epsilon_0)^m$$

où : σ = contrainte axiale à laquelle est soumise l'éprouvette (kg/cm²)

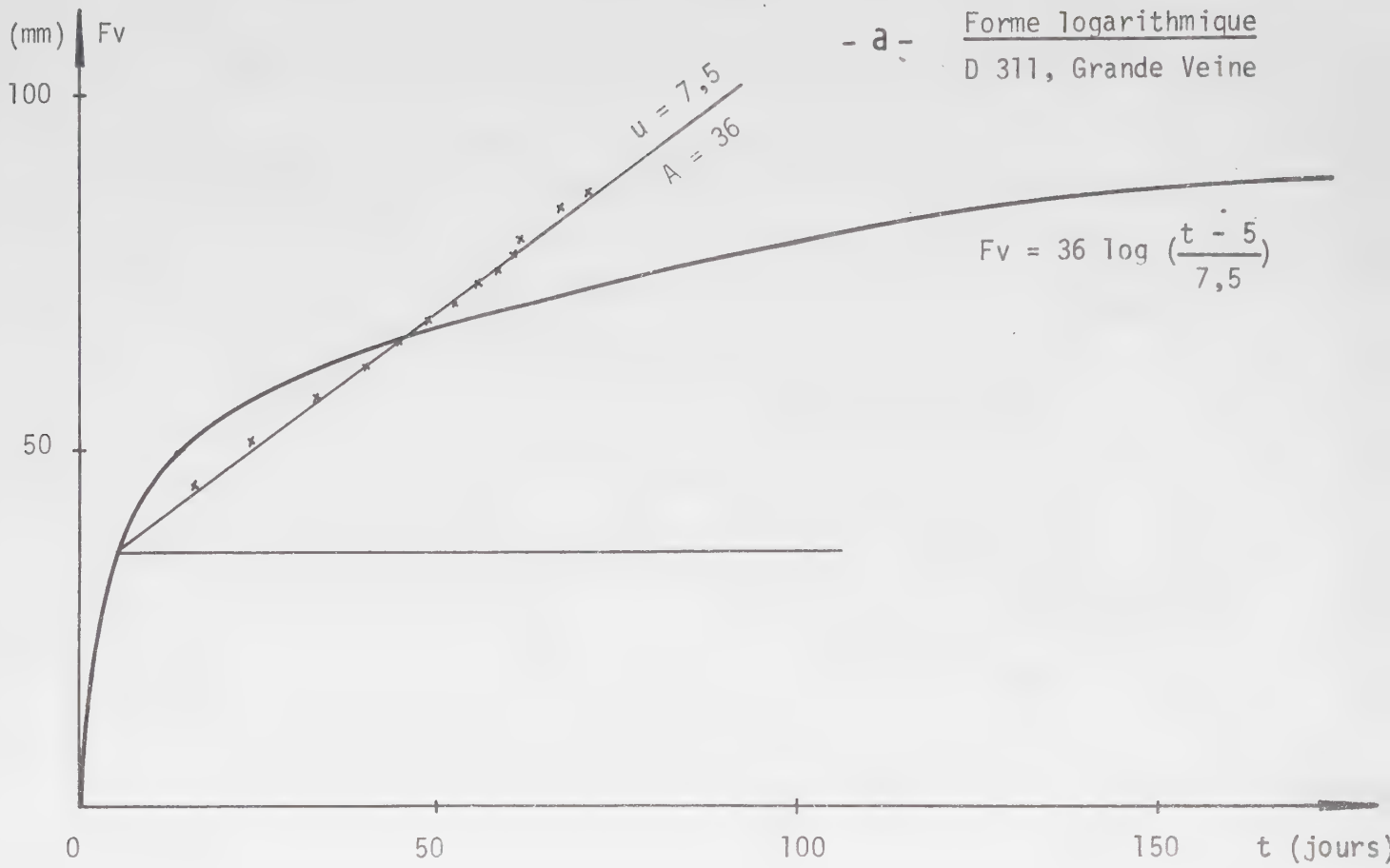
ϵ = raccourcissement unitaire de l'éprouvette

a et m = paramètres qui définissent les courbes.

La phase élastique succède immédiatement à la phase de tassement. Elle se caractérise par une liaison linéaire entre σ et ϵ (loi de HOOKE). On peut alors mesurer une valeur du module d'élasticité du charbon.

FIG 27

COURBES MOYENNES DU FLUAGE EN
FONCTION DU TEMPS AU CREUSEMENT



- b - Forme asymptotique

— D 162, Veine Lazare

- - - Vc 31, 6-sillons



La dernière phase est celle qui précède immédiatement la rupture de l'éprouvette. Pendant cette phase, la courbe (σ, ϵ) a une forme irrégulière, la densité des fissures peut augmenter dans l'éprouvette, mais celle-ci peut résister encore à la contrainte jusqu'à la rupture finale.

Comme il a été noté, /27/, la contrainte à la rupture du charbon est facile à mesurer et a une importance pratique et physique car elle indique la grandeur de la contrainte maximum qui peut être supportée par le charbon.

I.2 - Fluage du charbon

I.2.1 - Au creusement

Après le creusement d'une voie, le charbon de chaque côté subit, pendant un temps habituellement long, des contraintes très peu variables.

Comme dans l'étude des convergences, il apparaît intéressant d'essayer de définir la loi de l'évolution du fluage en fonction du temps. Il a été signalé par SCHWARTZ /6/ que les parements fluent vers le vide de la voie selon des lois semblables à celles des mouvements des épontes. L'étude des courbes moyennes du fluage du charbon en fonction du temps après le creusement dans 9 chantiers, montre qu'elles ont une forme logarithmique dans 6 chantiers (*figure 27a*) et asymptotique dans les trois autres (*figure 27b*).

Il convient de noter que les courbes moyennes de la convergence en fonction du temps, dans ces voies, ont presque toujours une forme logarithmique.*

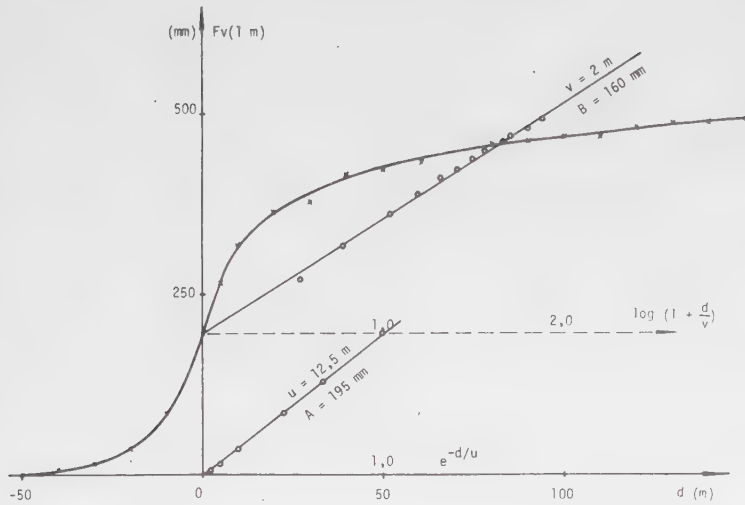
* Le seul chantier dans lequel la courbe moyenne de la convergence en fonction du temps a la même forme asymptotique que celle du fluage du charbon est Alfred D 92.

FIG 28

COURBES MOYENNES DU FLUAGE EN FONCTION DE LA DISTANCE AU FRONT DE LA TAILLE

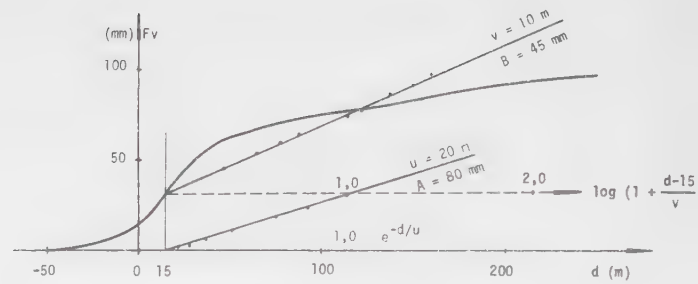
- a -

Voie n° 99 - ALFRED



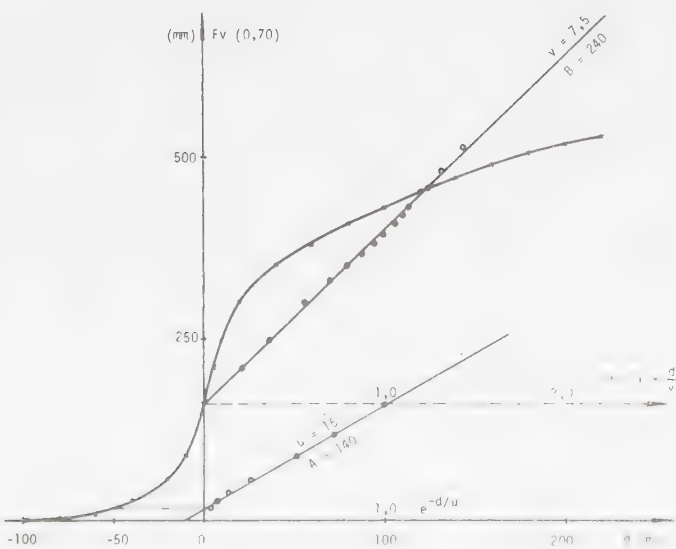
- c -

Voie n° 162 - LAZARE



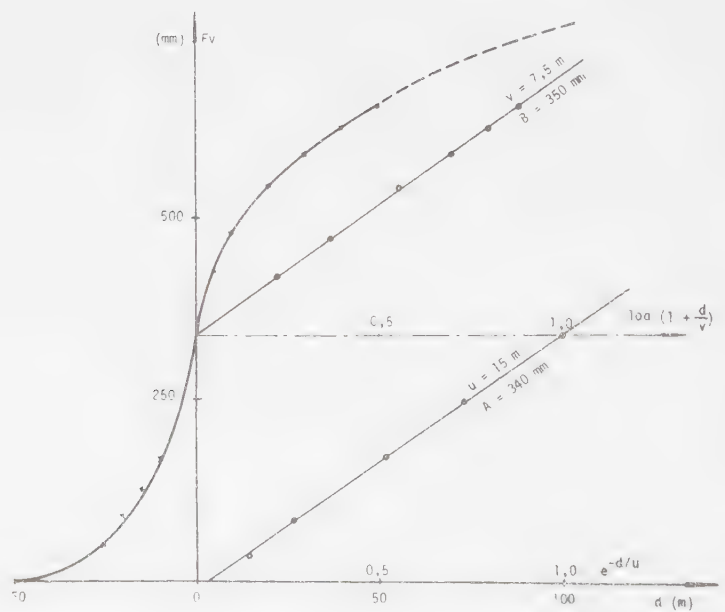
- b -

Voie n° 34 - GENFVIEVE



- d -

Voie ENE 500 - LA HOLVE



Les 9 chantiers étudiés sont situés dans des conditions diverses du point de vue de la profondeur, des exploitations sus-jacentes, du renforcement des parements, de l'ouverture de la veine et de la largeur de la voie. Il n'est alors pas possible de trouver les raisons pour lesquelles l'évolution du fluage en fonction du temps suit telle ou telle loi.

I.2.2 - Au passage de la taille

La courbe du fluage en fonction de la distance au front de taille est une courbe en S, le point d'inflexion se situe au moment où la taille arrive au niveau de la station de mesure ($d \simeq 0$). Pour déterminer la forme de cette courbe, nous avons étudié les courbes moyennes du fluage du charbon en fonction de la distance au front de la taille, dans quelques voies influencées par une première taille (*figures 28a, b, c et d*). Nous avons pu distinguer deux phases sur chacune de ces courbes :

- Phase d'avant passage

Cette phase débute à une cinquantaine de mètres en avant du front de la taille. Pendant cette phase, le fluage en fonction de la distance au front de la taille se poursuit selon une loi exponentielle dont la forme est :

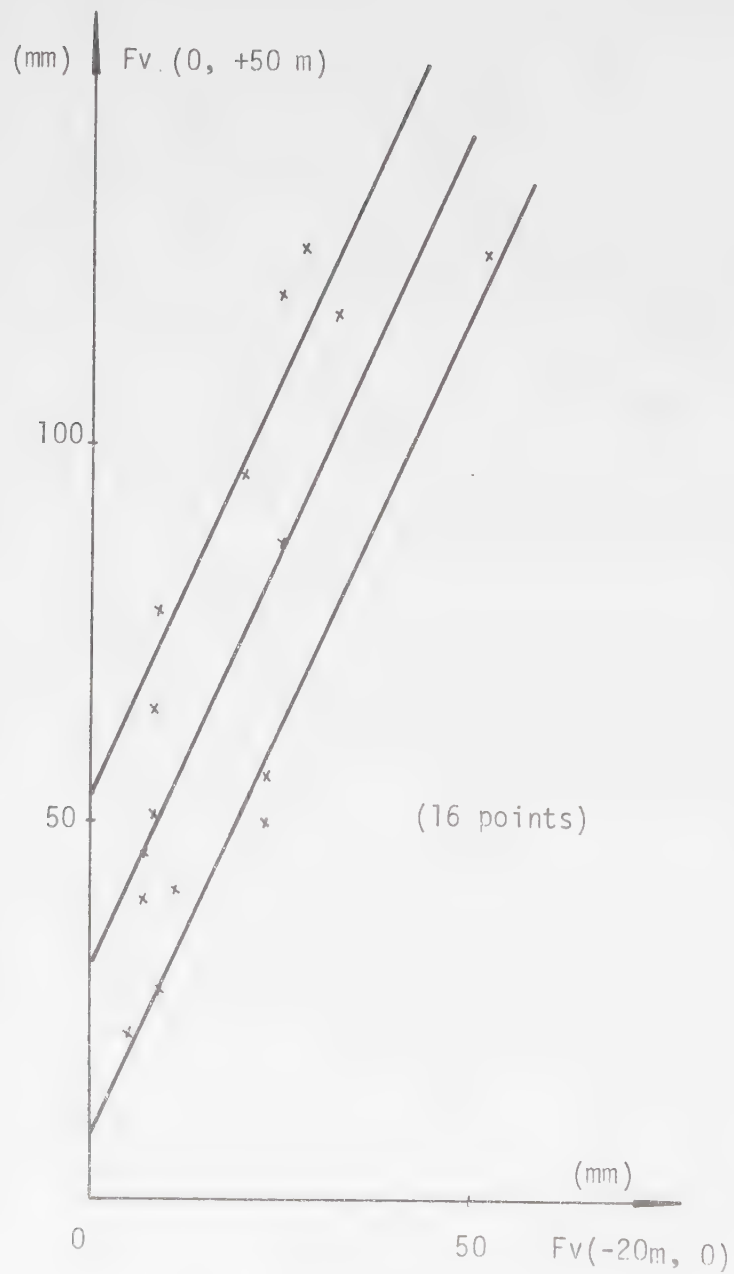
$$(Fv)_{-\infty}^{-d} = A e^{-d/u}$$

Les deux paramètres A et u caractérisent respectivement l'amplitude du fluage et la distance à laquelle une influence sensible de la taille apparaît. Cette forme correspond parfaitement à celle de la convergence pendant cette phase.

Le mouvement des épontes (pseudo-vertical) et celui du parement (latéral) en avant passage de la taille, se produisent selon des lois exponentielles.

FIG 29

CORRELATION ENTRE LE FLUAGE MESURE AVANT PASSAGE (-20m à 0)
ET LE FLUAGE MESURE APRES PASSAGE (0 à +50 m)
DESCENDERIE CENTRALE, VEINE 1, LA HOUE



- Phase d'après passage

Cette phase commence au moment du passage du front de la taille au niveau de la station de mesures. La vitesse du fluage s'amortit au fur et à mesure que la distance au front de taille augmente : l'évolution du fluage est de forme logarithmique.

$$Fv = B \log \left(1 + \frac{d}{v} \right)$$

Le paramètre B caractérise l'amplitude du fluage et v l'amortissement de la courbe.

Il est évident que l'étude du fluage mesuré à différentes profondeurs dans le charbon est très intéressant pour pouvoir caractériser le comportement du charbon sur les premiers mètres à l'intérieur de la veine. Nous reprendrons cette étude par la suite en étudiant l'expansion dans le charbon.

I.2.3 - Liaison entre différents paramètres du fluage

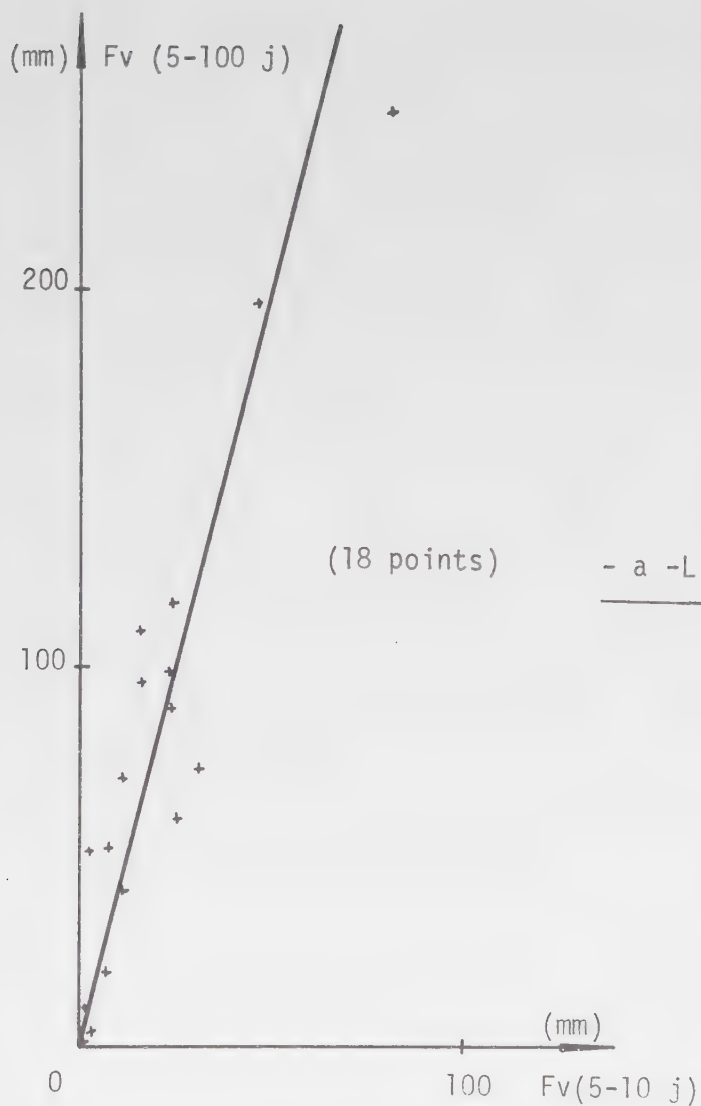
Les mesures du fluage superficiel du charbon dans quelques chantiers ont permis d'établir la liaison entre quelques paramètres pendant le creusement et pendant le passage de la taille.

Dans la descenderie centrale, Veine 1, La Houve, nous avons pu lier le paramètre du fluage superficiel mesuré avant passage (- 20 m à 0 m) avec celui mesuré après le passage de la taille (0 m à 50 m). Une liaison directe existe entre ces deux paramètres (*figure 29*), l'équation de la ligne de régression est telle que :

$$(Fv)_{0}^{50 \text{ m}} = 2,21 (Fv)_{-20 \text{ m}}^{0} + 31 \text{ mm}$$

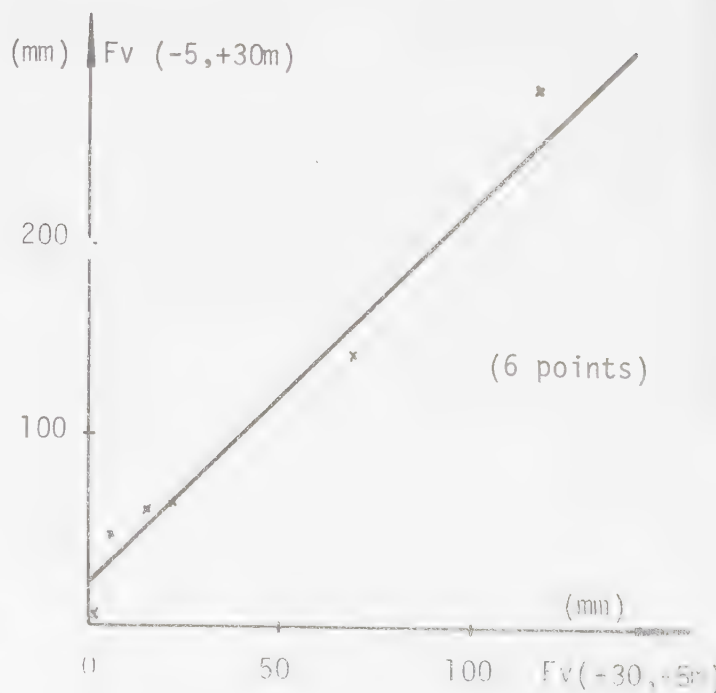
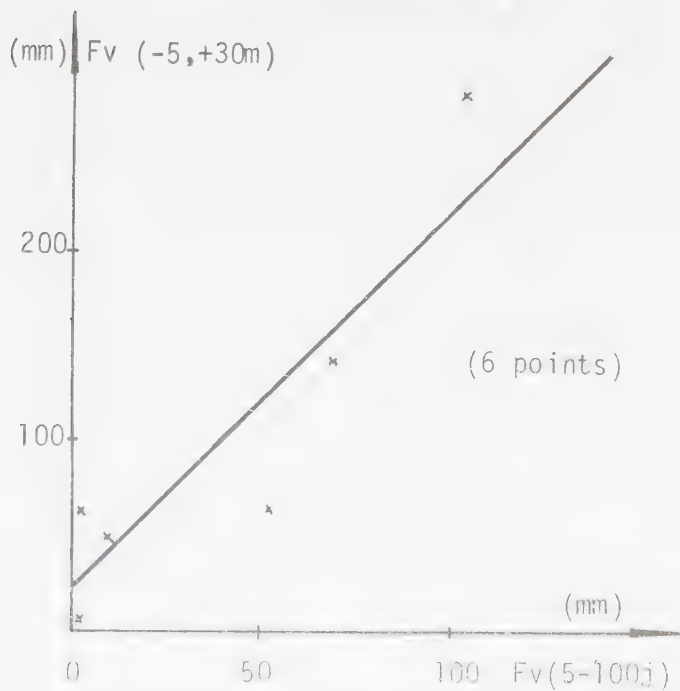
FIG 30

LIAISON ENTRE DIFFERENTS PARAMETRES
DU FLUAGE DU CHARBON MESURE A 0,70m



- b - Liaison (Fv_5^{100j} , Fv_{-5}^{+30m})

- c - Liaison (Fv_{-30}^{-5m} , Fv_{-5}^{+30m})



Avec un coefficient de corrélation de 0,79 (sur 16 points), il y a moins de une chance sur 100 pour que cette liaison soit due au seul hasard.

D'autre part, dans quelques chantiers des HBNPC, on a pu lier les valeurs moyennes de quelques paramètres du fluage mesuré pendant le creusement et le passage de la taille /28/. Les figures 30a, b et c et le tableau suivant montrent quelques liaisons :

X	Y	Liaison $Y = f(X)$	n	r^2
$(Fv)_{5j}^{10j}$	$(Fv)_{5j}^{100j}$	$Y = 4,80 X - 3$	18	0,95
$(Fv)_{5j}^{100j}$	$(Fv)_{-5m}^{+30m}$	$Y = 1,95 X + 22$	6	0,96
$(Fv)_{-30m}^{-5m}$	$(Fv)_{-5m}^{+30m}$	$Y = 1,99 X + 21$	7	0,99

Il y a moins de 1 chance sur 100 pour que ces liaisons soient dues au seul hasard.

L'ensemble de ces liaisons directes sur l'amplitude des fluages mesurés tout au long de la vie de la voie implique l'influence prépondérante d'un même facteur tout au long de la vie de la voie. Ce ne peut être que la nature du charbon et des épontes.

1.3 - Expansion du charbon

L'étude de l'expansion du charbon en place est très importante car elle traduit l'état du charbon ; une forte expansion par exemple indique que le charbon est déconsolidé et fissuré.

L'expansion peut être étudiée en liant les mesures du fluage aux différentes profondeurs dans le charbon. Cette étude sera reprise au creusement et au passage de la taille.

I.3.1 - Au creusement

Les fluages mesurés à différentes profondeurs (1,80 m et 0,70 m) entre le 5ème et le 100ème jour après le creusement sont liés par la relation suivante :

$$F_v(1,80) = 0,78 F_v(0,70 \text{ m}) - 3,7 \text{ mm}$$

L'expansion entre 0,70 m et 1,80 m représente ainsi 22 % du fluage superficiel (à 0,70 m).

Le fluage mesuré entre le 5ème et le 100ème jour n'est pas dans le même rapport avec le fluage mesuré entre le 0 et le 5ème jour selon qu'il est mesuré à 0,70 m, 1,80 m et 2,40 m, comme le montre le tableau suivant /28/ :

Profondeur	$\frac{F_v(5^{\text{e}} \text{ et } 100^{\text{e}} \text{ jour})}{F_v(0 \text{ et } 5^{\text{e}} \text{ jour})}$
à 0,70 m	1,20
1,80 m	1,39
2,40 m	1,94

Ceci paraît indiquer qu'au cours du temps, la détente gagne en profondeur. C'est à 2,40 m que la part du fluage qui se donne entre 5 et 100 jours est proportionnellement la plus forte alors que c'est la plus faible à 0,70 m.

En outre, en étudiant l'évolution du rapport

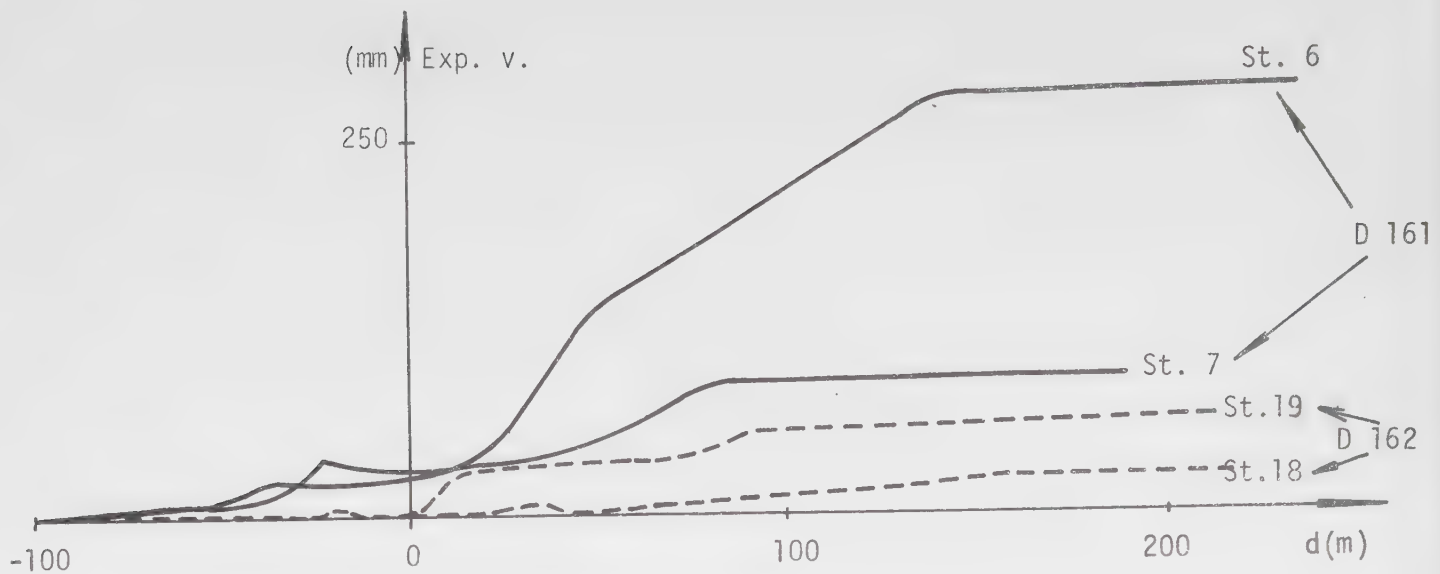
$$\frac{F_v \text{ moyen à } 1,80 \text{ m}}{F_v \text{ moyen à } 0,70 \text{ m}}$$

$$F_v \text{ moyen à } 0,70 \text{ m}$$

au cours du creusement, on a trouvé que c'est au cours des 5 premiers jours de vie de la voie que le fluage à 0,70 m est

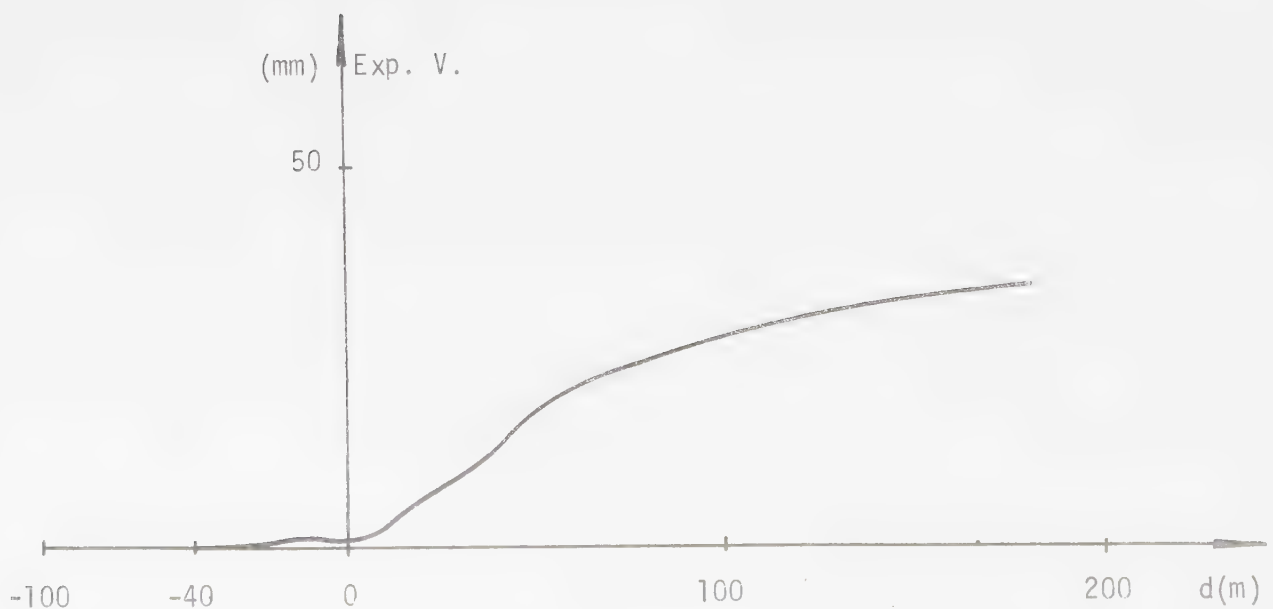
EXPANSION DU CHARBON DANS QUELQUES STATIONS DES
DEUX VOIES D 161 ET D 162 DE LA VEINE LAZARE

FIG 31a



COURBE MOYENNE DE L'EXPANSION DU CHARBON
DESCENDERIE CENTRALE, VEINE 1, LA HOUE, HBL

FIG 31b



le plus fort par rapport au fluage à 1,80 m. C'est à ce moment là que l'expansion est la plus forte (39 % du fluage superficiel mesuré à 0,70 m).

I.3.2. - Au passage de la taille

L'analyse des mesures de fluage faite dans 40 voies des HBNPC /28/ montre qu'au passage de la taille, la liaison entre le fluage à 1,80 m et le fluage à 0,70 m est une droite passant par l'origine, dont la pente varie de la manière suivante :

Paramètre	rapport $\frac{F_v(1,80 \text{ m})}{F_v(0,70 \text{ m})}$
jusqu'à - 30 m	0,62
- 30 m à - 5 m	0,83
- 5 m à + 5 m	1,12
+ 30 m à + 50 m	0,44

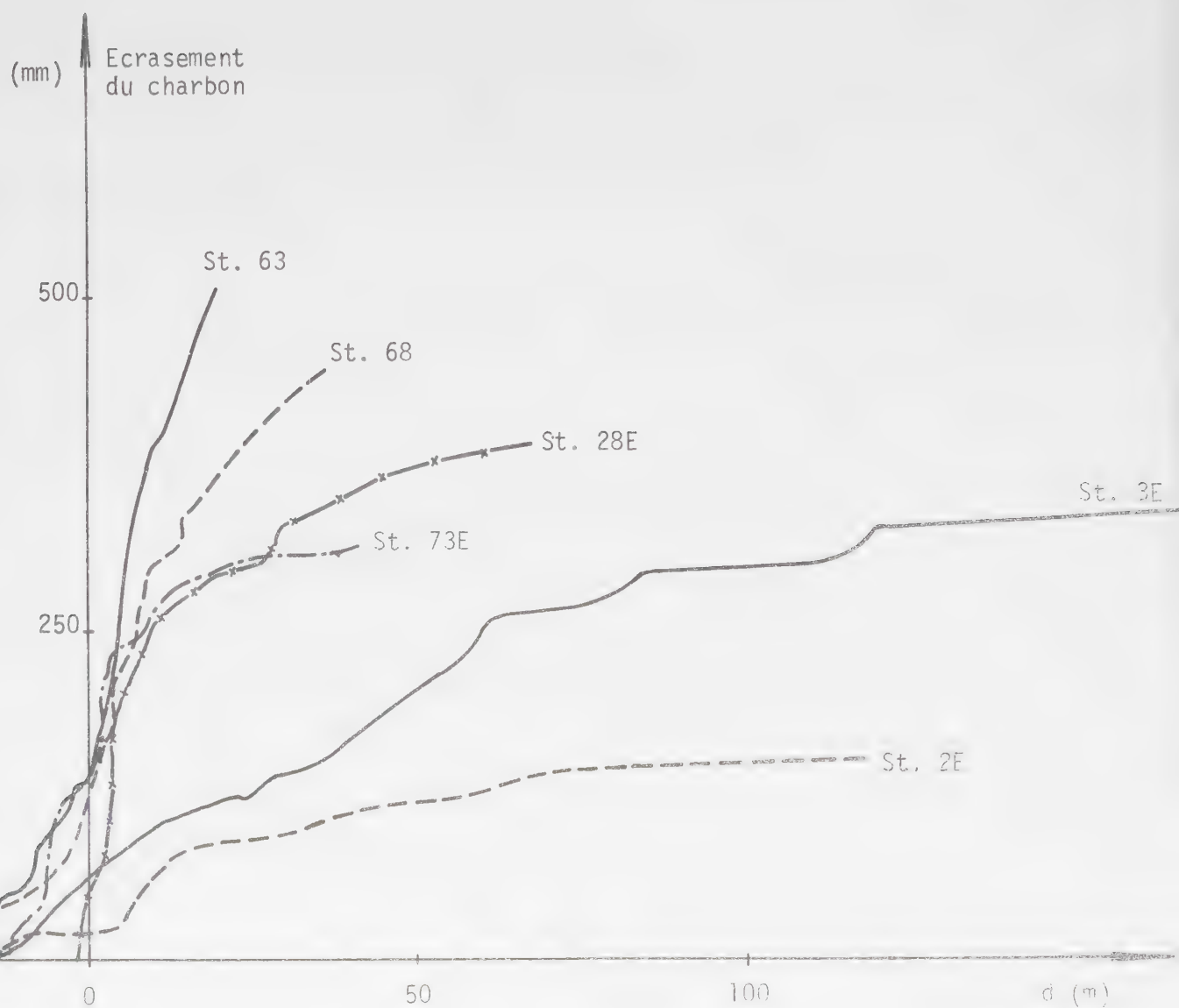
On constate que dans la phase d'avant passage, le fluage à 1,80 m tend à devenir égal au fluage à 0,70 m (c'est-à-dire que l'expansion est très faible). Dans la phase de passage (- 5 m à + 5 m), le rapport calculé est de 1,12 c'est-à-dire qu'il n'y a plus d'expansion dans le charbon entre 0,70 m et 1,80 m. Dans la phase d'après passage (+ 30 m à + 50 m), l'expansion reprend dans le charbon.

Ainsi au passage de la taille, le charbon semble fluer "en bloc" vers la voie, sans expansion entre 0,70 m et 1,80 m.

Le même résultat a été trouvé en étudiant la liaison entre l'expansion dans le charbon (entre 0,70 m et 1,80 m) et le fluage à 0,70 m dans la voie Lazare D 162 /29/. Les courbes de l'expansion dans le charbon en fonction de la distance au front de la taille (*figures 31a, b*) montrent également qu'au passage

FIG 32

COURBES ECRASEMENT = $f(d)$ POUR QUELQUES STATIONS DE MESURES
LORRAINE - LA HOUEVE - ENE 500



de la taille, la vitesse de l'expansion est pratiquement nulle mais il y a un redémarrage de l'expansion quelques mètres après le passage de la taille.

1.4 - Ecrasement du charbon

L'étude de l'écrasement du charbon en fonction de la distance au front de la taille a été effectuée dans les deux voies ENE 500 et la descenderie centrale, veine 1, au siège de la Houve. La figure 32 montre les courbes pour quelques stations dans la voie ENE 500 et les figures 33 et 64a (chapitre quatre) représentent les courbes moyennes dans cette voie et dans la descenderie centrale. D'après ces figures, la courbe de l'écrasement du charbon en fonction de la distance au front de la taille est, comme celle du fluage, une courbe en S. Nous avons distingué 2 phases :

- Phase d'avant passage

A partir d'une vingtaine de mètres, l'écrasement devient mesurable. Sa croissance est de forme exponentielle.

$$\text{Ecrasement} = A e^{-d/u}$$

Les deux paramètres A et u ont été définis plus haut, leur valeur varie d'une voie à l'autre.

Pendant cette phase l'écrasement représente près de 20 % de l'écrasement total.

- Phase d'après passage

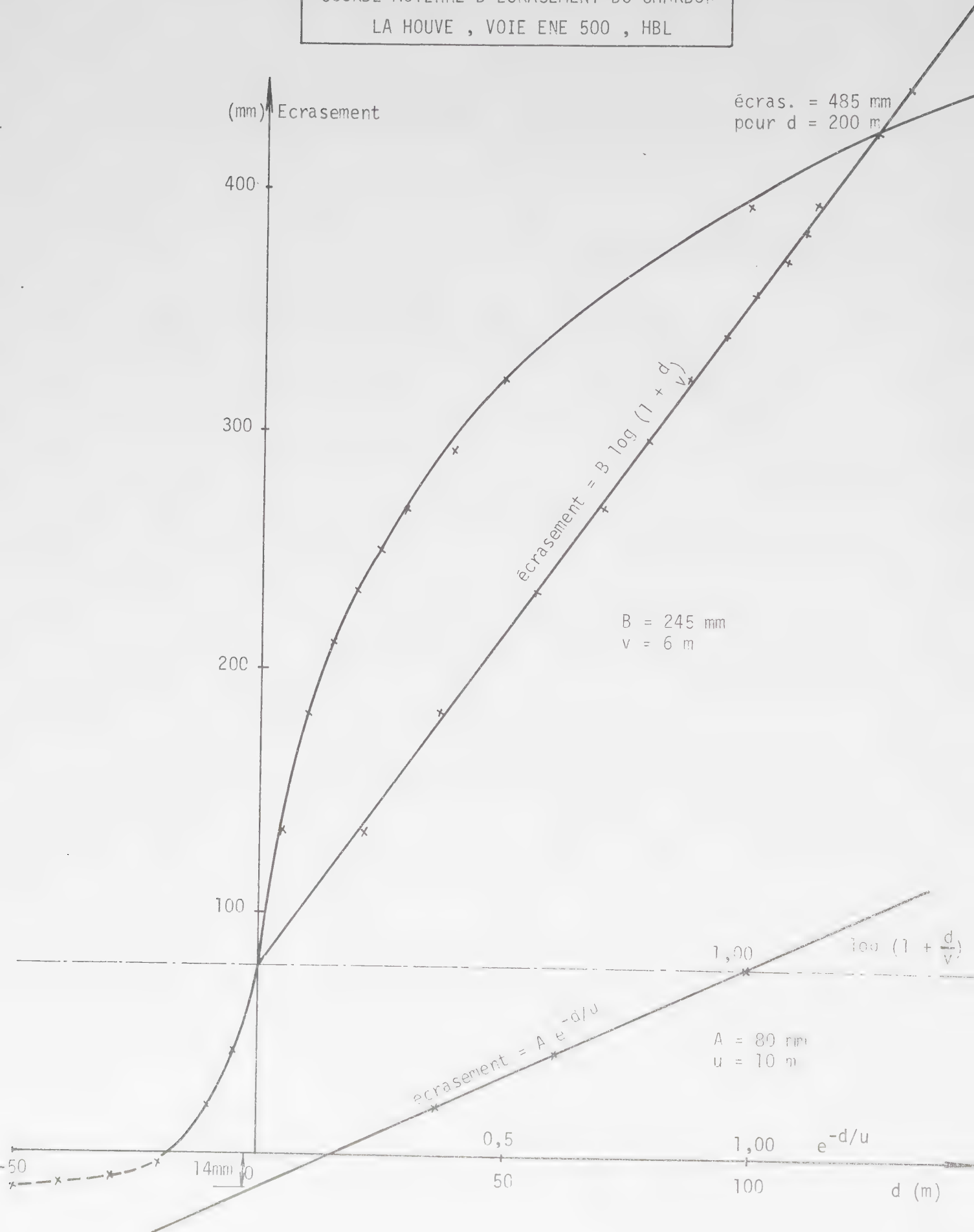
L'écrasement pendant cette phase croît et sa loi de croissance est logarithmique :

$$\text{Ecrasement} = B \log \left(1 + \frac{d}{v} \right)$$

Nous notons que par rapport à l'étude des convergences et en particulier des convergences côté taille, nous ne mettons pas en évidence de phase de passage de forme linéaire, correspondant

FIG 33

COURBE MOYENNE D'ECRASEMENT DU CHARBON
LA HOUE , VOIE ENE 500 , HBL



au basculement du toit vers le vide exploité. Ce basculement est d'autant moins sensible que l'on est plus proche du massif de charbon.

L'étude de l'écrasement du charbon est importante car elle permet d'expliquer le comportement du charbon au cours de l'exploitation de la première taille. Les résultats des essais mécaniques faits sur des éprouvettes prélevées dans la voie ENE 600 a permis de déterminer la déformation relative à la rupture $\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$ mesurée sur 28 éprouvettes soumises à une compression uniaxiale. La déformation relative à la rupture de ce charbon est de 20×10^{-3} .

Au-delà de ce seuil d'écrasement, le charbon sort du domaine élastique et son comportement est celui d'un milieu fissuré sinon pulvérulent.

Nous pouvons calculer l'écrasement total du charbon le long de la voie ENE 500* qui serait compatible avec des déformations élastiques :

$$\epsilon v = \epsilon \times W$$

où : ϵv = la déformation de la veine (écrasement)
 ϵ = la déformation d'éprouvette depuis l'application des contraintes jusqu'à la rupture (20×10^{-3})
 w = la puissance de la veine (170 cm)

$$\text{Alors on a : } \epsilon v = \frac{20 \times 170}{10^3} = 3,4 \text{ cm}$$

On peut donc dire que le comportement du charbon le long de la voie pourrait rester élastique si son écrasement ne dépassait pas en moyenne 3,5 cm. Or, la courbe moyenne d'écrasement dans cette voie en fonction de la distance au front de la taille montre qu'un tel écrasement est atteint une dizaine de

* La voie ENE 500 se trouve dans la même veine à 200 m de la voie ENE 600 dans laquelle on a effectué des essais mécaniques sur des éprouvettes du charbon.

mètres en avant du front et même avant, car nos mesures n'ont pas tenu compte de l'écrasement (sans doute faible) qui s'est produit juste au creusement de la voie. Nous pouvons donc dire que le comportement du charbon le long de la voie ENE 500 n'est plus élastique quand le front de taille est à une distance d'une dizaine de mètres et que les déformations dans la voie commencent à prendre de l'importance.

II - COMPORTEMENT DES APPUIS ARTIFICIELS

L'étude du comportement de quelques types d'appuis artificiels a été faite à partir des mesures de leur résistance mécanique au laboratoire d'une part et des mesures in situ d'écrasement des appuis en fonction de la distance au front de la taille d'autre part.

II.1 - Résistance mécanique des appuis

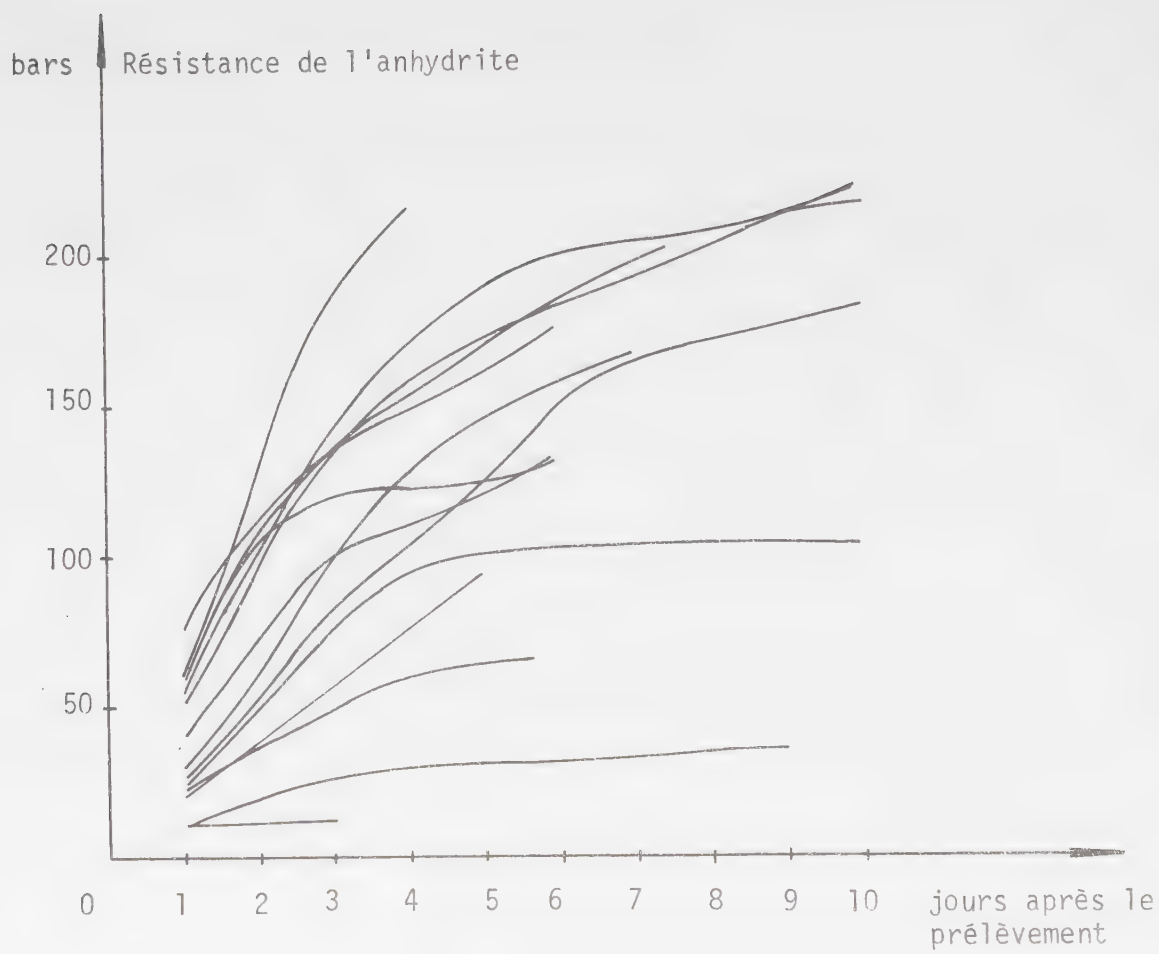
Des essais mécaniques ont été effectués au laboratoire pour mesurer la résistance à la compression simple de quelques types d'appuis et de définir quelques facteurs susceptibles d'influencer cette résistance. Ces essais nous ont permis d'étudier la résistance de l'anhydrite et des différentes piles de bois.

II.1.1 - Résistance de l'anhydrite

Comme nous l'avons noté au chapitre un, la résistance de l'anhydrite a été mesurée au cours des essais mécaniques au laboratoire sur des éprouvettes 1, 2, 3 ... 10 jours après leur prélèvement, le prélèvement étant effectué juste au moment de la mise en place du matériau derrière la taille.

FIG 34

FORME GLOBALE D'EVOLUTION DES COURBES DE LA RESISTANCE
DE L'ANHYDRITE EN FONCTION DU TEMPS
(D 32 - GENEVIEVE)



Nous avons donné sur la *figure 34* la forme globale d'évolution des courbes de la résistance de quelques éprouvettes d'anhydrite en fonction du temps. On note que l'amplitude varie d'une éprouvette à l'autre mais la forme est en général la même. La résistance tend le plus souvent vers une valeur asymptotique lorsque le temps croît.

Cette valeur est liée à la résistance mesurée les premiers jours.

Pour donner une idée sur la résistance d'anhydrite et son évolution en fonction du temps, nous représenterons sur le *tableau suivant* la valeur moyenne de la résistance mesurée 1, 4, 7 et 10 jours après le prélèvement.

	Nombre de jours après le prélèvement			
	1 jour	4 jours	7 jours	10 jours
Résistance moyenne de l'anhydrite (bars)	42	130	165	200

On constate que pendant les premiers 4 jours, la résistance de l'anhydrite augmente rapidement. Au bout de 10 jours, sa résistance atteint une valeur moyenne de 200 bars, égale à 1,5 fois environ celle que l'on peut mesurer le 4ème jour.

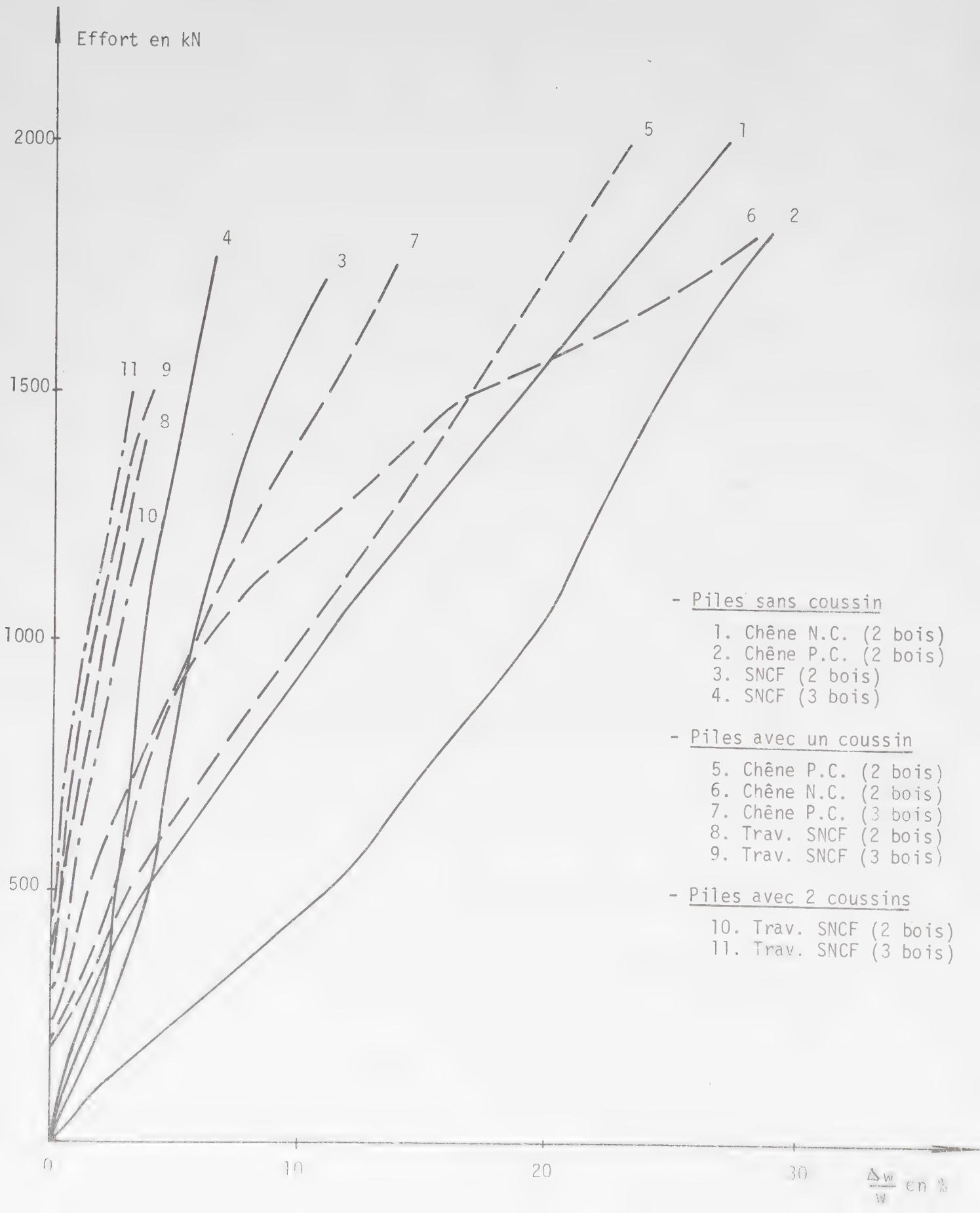
II.1.2 - Résistance de différentes piles de bois

Des essais mécaniques sur différentes piles de bois ont été effectués au laboratoire de Valmont par le service GEOC des HBL*.

* Rapport n° 1002/71.232 - DGA - Direction de l'exploitation
D.E.F. - G.E.O.C. - Service Essais - FREYMING-MERLEBACH,
21 décembre 1971.

FIG 35

ESSAIS MECANQUES DE PILIERS COURBES EFFORTS/ECRASEMENT %



Le but de ces essais est de définir le rôle du serrage de piles de bois par coussin hydraulique * sur la résistance à la compression de celles-ci et de comparer la résistance des piles constituées de différents types de bois (hêtre, chêne et traverses SNCF).

La figure 35 présente l'essentiel des résultats de ces essais sous la forme des courbes d'effort en fonction de l'écrasement pour différents types de piles. On constate que :

- la résistance à la rupture (finale) des piles de traverses SNCF est 1,5 fois plus grande que celle des piles de chêne et 2,5 fois plus grande que celle des piles de hêtre.

- dans les essais sans coussin, en ajoutant une troisième traverse dans un lit sur deux, la rigidité des piles est augmentée, leur écrasement est réduit de 50 % pour un effort de 170 tonnes.

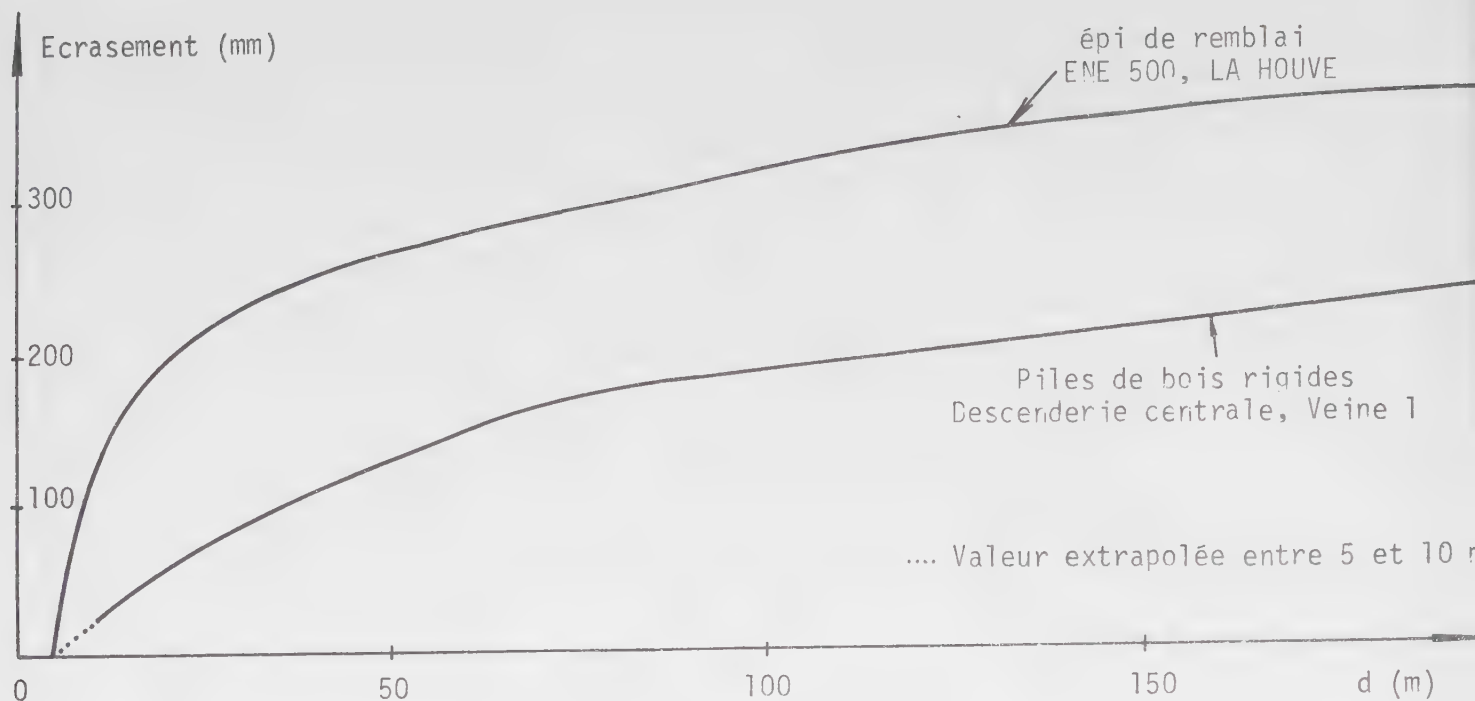
- le préserrage par coussin hydraulique améliore la résistance à la compression des piles, quel que soit le type de bois utilisé. Les piles de traverses SNCF offrent encore la meilleure résistance

II.2 - Ecrasement des appuis artificiels

L'écrasement des appuis artificiels et son évolution en fonction de la distance au front de la taille dépendent de la nature et de la rigidité des appuis. Ce résultat a été obtenu en étudiant l'écrasement in situ de deux types d'appuis de rigidité et de nature différentes. L'un est constitué de piles de bois remplies de cailloux, montées en bordure de la descenderie centrale, veine 1, La Houve, HBL. Ces piles sont considérées comme des appuis rigides. L'autre appui est un épi de remblai monté derrière taille en bordure de la voie ENE 500, La Houve, HBL. Cet épi est considéré comme un appui souple.

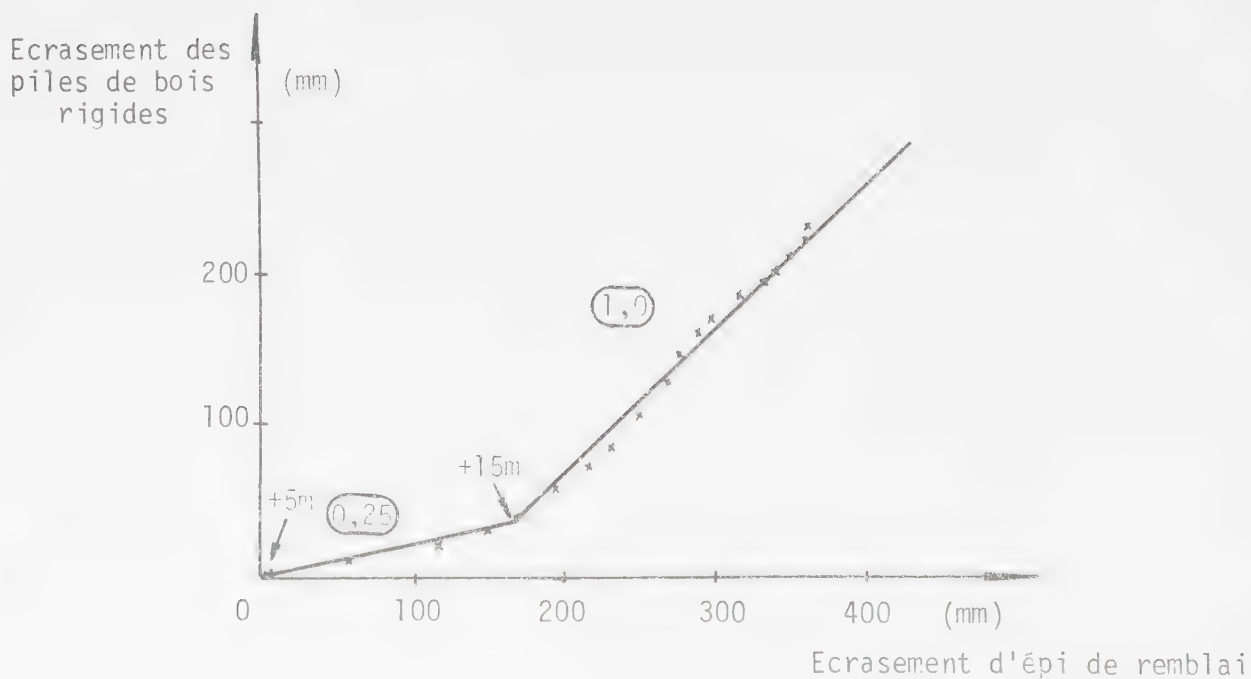
COURBES MOYENNES DE L'ECRASEMENT DES APPUIS
EN FONCTION DE LA DISTANCE AU FRONT DE LA TAILLE

FIG 36



LIAISON ENTRE L'ECRASEMENT DE DEUX APPUIS DIFFERENTS

FIG 37



Les deux voies se trouvaient dans des conditions comparables de point de vue des exploitations sus-jacentes, du traitement de l'arrière-taille et de l'ouverture exploitée.

Sur la figure 36 nous montrons la courbe moyenne de l'écrasement de chacun de ces appuis. Les deux courbes ont une forme différente, la courbe de l'écrasement de l'épi de remblai a une forme logarithmique, celle des piles une forme plutôt asymptotique.

D'après cette figure, la différence entre ces deux appuis n'existe pratiquement que pendant la phase du passage. Pendant cette phase (+ 5 m à + 15 m), l'écrasement des piles de bois est de 40 mm soit 17,2 % de sa valeur totale (232 mm) mesurée entre + 5 m et 200 m. Pendant cette période, l'écrasement de l'épi remblai est égal à 168 mm soit 46,4 % de sa valeur totale (362 mm) entre + 5 m et 200 m. On note également que pendant la phase d'après passage (+ 15 m à 200 m), l'écrasement des deux appuis a à peu près la même valeur ($\simeq$ 193 mm).

La différence entre l'écrasement de ces deux types d'appuis peut être résumée sur la figure 37 qui représente la liaison entre l'écrasement de ces appuis. C'est une liaison linéaire, avec deux phases :

- une phase de passage entre + 5 m et + 15 m où l'écrasement des piles de bois ne représente que 25 % de l'écrasement de l'épi de remblai (la pente est égale à 0,25)
- une phase d'après passage (+ 15 à 200 m) où l'écrasement des deux appuis est le même (pente égale à 1).

III - ETUDE COMPARATIVE DES DEFORMATIONS DES APPUIS DES DEUX COTES D'UNE VOIE DESSERVANT UNE PREMIERE TAILLE

Pendant l'exploitation par une première taille, la voie qui dessert la taille subit normalement des déformations caractérisées le plus souvent par une forte amplitude et une dissymétrie de la section transversale de la voie. A partir des mesures de convergences et de variations de pression dans les deux parements, des études antérieures ont montré que la dissymétrie des déformations commence pendant la phase d'avant passage de la taille, s'accroît pendant la phase du passage et s'amortit dans la phase d'après passage (GRAMBERG /30/ et COTZA /31/).

Pour savoir comment cette évolution se traduit sur le comportement des appuis naturels et artificiels, nous allons étudier les déformations relatives des appuis des deux côtés d'une voie au cours de l'exploitation par une première taille qu'elle dessert.

Pendant la phase d'avant passage, comme nous le montrerons plus tard (chapitre quatre), le fluage du charbon n'est pas le même des deux côtés de la voie ; il est plus fort du côté taille que du côté massif comme le montrent les mesures de fluage séparé des deux côtés de la voie.

L'influence de la taille sur le fluage commence à se faire sentir 50 m environ avant le front : le fluage augmente de manière symétrique dans la voie. Quand la taille arrive à une vingtaine de mètres de la station, le fluage augmente du côté taille plus vite que du côté massif. La différence entre ces deux fluages est d'autant plus importante que la taille s'approche de la station comme le montre la figure 69 (chapitre quatre).

Après le passage de la taille, il y a une influence des appuis artificiels montés derrière la taille sur le comportement de l'appui naturel (charbon en place) du côté opposé.

Dans la descenderie centrale, veine 1, La Houve, nous avons pu lier l'écrasement des piles mesuré entre 20 m et 50 m derrière la taille avec l'écrasement du charbon mesuré au même moment. La liaison peut être résumée par l'équation de la ligne de régression suivante :

$$\begin{aligned} (\text{Ecr. v.}) + 50 \text{ m} \\ + 20 \text{ m} \end{aligned} = 0,23 (\text{Ecr.p.}) + 50 \text{ m} + 4 \\ + 20 \text{ m}$$

(n = 10 points)

où : (Ecr.v.) représente l'écrasement du charbon
(Ecr.p.) représente l'écrasement des piles

Avec un coefficient de corrélation de 0,64, il y a moins de 5 chances sur 100 pour que cette liaison soit due au seul hasard.

La pente faible (0,23) est due à un écrasement assez faible du charbon plutôt qu'à un fort écrasement des piles : en valeur moyenne l'écrasement du charbon mesuré entre + 20 et + 50 m est égale à 24 mm, celui des piles à 71 mm.

Cette liaison implique qu'au delà de 20 m après le passage de la taille, l'écrasement du charbon côté massif est d'autant moins important que les piles seront plus rigides côté taille.

D'autre part, nous avons étudié le fluage du charbon à 0,50 m et à 1,80 m au passage de la taille dans les zones traitées par des piles de rigidité différente. Nous avons constaté que dans les zones traitées par piles rigides (serrées par coussin hydraulique) l'expansion du charbon entre 0,50 m et 1,80 m représente 50 % environ du fluage superficiel ; la liaison entre les deux fluages pendant la phase du passage (0 à 20 m) est telle que :

$$F_v (1,80 \text{ m}) = 0,47 F_v (0,50 \text{ m}) + 8$$

(n = 5)

Avec un coefficient de corrélation de 0,56 seulement cette liaison n'est pas statistiquement significative au risque de 5 %.

Par contre, dans les zones traitées par des piles de chêne sans coussin, les deux fluages (à 0,50 m et 1,80 m) augmentent sensiblement à la même vitesse. L'expansion du charbon provient donc d'une profondeur supérieure à 1,80 m. La liaison entre les deux fluages (au passage de la taille) est telle que :

$$F_v(1,80 \text{ m}) = 1,02 F_v(0,50 \text{ m}) - 7$$

(n = 6 points)

Avec un coefficient de corrélation de 0,92, il y a moins de 5 chances sur 100 pour que cette liaison soit due au seul hasard.

Mais il convient de noter que l'amplitude du fluage est faible au passage de la taille dans cette voie.

IV - CONCLUSION

Ce chapitre a été consacré à l'étude du comportement des appuis du toit dans les voies desservant une première taille. Ces appuis sont constitués par le charbon de chaque côté de la voie du creusement au passage de la taille et par le charbon d'un côté et un appui artificiel de l'autre après le passage.

Nous avons analysé le comportement des appuis en étudiant :

- l'évolution de différents paramètres qui caractérisent les déformations des appuis en fonction du temps après le creusement de la voie et en fonction de la distance au front de la taille au cours de déhouillement du charbon.

- la liaison entre quelques paramètres des déformations des appuis et en particulier le fluage mesuré aux différentes profondeurs dans le charbon et l'écrasement.

Au creusement, le fluage du charbon en fonction du temps suit une loi qui est le plus souvent semblable à celle de la convergence (logarithmique), mais lorsqu'elle en diffère, sa forme est asymptotique.

La comparaison des loi d'évolution des fluages et des convergences permet alors de définir deux types de voies qu'il serait très intéressant de pouvoir caractériser par la lithographie ou par le régime des contraintes dans les terrains. Nous ne disposons malheureusement que de trop peu de cas pour pouvoir espérer mener à bien cette étude.

Dans tous les cas, il est remarquable de noter que, indépendamment des différences lithographiques ou de régime des contraintes initiales dans les différentes voies, l'étude de l'expansion montre qu'après le creusement, la détente gagne en profondeur dans le charbon, sa valeur étant la plus forte au cours des 5 premiers jours de vie de la voie.

Au moment de l'exploitation, le fluage et l'écrasement de la veine suivent en gros la même loi d'évolution que les convergences.

L'étude de l'écrasement dans une voie montre qu'à une dizaine de mètres en avant du front, le charbon des parements ne peut plus garder un comportement élastique.

L'expansion du charbon à 2 m de profondeur est faible pendant la phase d'avant passage (- 30 m à - 5 m), devient nulle au passage de la taille et devient relativement importante après le passage. Ainsi, au passage de la taille au voisinage du front, le charbon flue vers le vide de la voie en bloc sans aucune expansion sur 2 m de profondeur au moins.

La liaison que nous avons pu mettre en évidence, entre l'écrasement des piles et celui du charbon (du côté opposé à la taille) dans la phase d'après passage implique l'influence des appuis artificiels sur le comportement de l'appui naturel. L'écrasement de celui-ci est d'autant plus faible que les appuis artificiels sont plus rigides. Ceci peut s'expliquer par les différences dans le basculement du toit selon la rigidité de l'appui artificiel.

CHAPITRE TROIS

INFLUENCE DU COMPORTEMENT DES APPUIS SUR LES DEFORMATIONS

DES VOIES DE TAILLES

CHAPITRE TROIS

INFLUENCE DU COMPORTEMENT DES APPUIS SUR LES DEFORMATIONS

DES VOIES DE TAILLES

P L A N

PAGE

I - <u>INFLUENCE DU COMPORTEMENT DE L'APPUI NATUREL SUR LES DEFORMATIONS DES VOIES DE TAILLES</u>	48
I.1 - Influence du fluage et l'écrasement du charbon sur la convergence côté massif	49
I.1.1 - Géométrie des déformations dans une galerie	
I.1.2 - Conséquences sur les dégradations de la galerie	
I.2 - Influence du fluage et de l'écrasement du charbon sur le basculement du toit	51
I.3 - Influence des caractéristiques mécaniques du charbon sur les déformations d'une voie	53
I.3.1 - Liaison entre la convergence côté massif et le module d'élasticité du charbon	
I.3.2 - Liaison entre le basculement du toit et le module d'élasticité du charbon	
II - <u>INFLUENCE DE LA NATURE ET DE LA CARACTERISTIQUE DES APPUIS ARTIFICIELS SUR LES DEFORMATIONS DES VOIES DE TAILLES</u>	55
II.1 - Comparaison entre la <u>convergence côté taille observée</u> dans des voies renforcées par des appuis rigides et la <u>convergence estimée</u> à partir des mesures antérieures.	57

II.1.1 - Convergence estimée

- . Tabulation de SCHWARTZ
- . Tabulation de RAFFOUX

II.1.2 - Convergence observée et convergence estimée

II.2 - Influence de la rigidité des appuis artificiels sur la
convergence mesurée au milieu de la voie 63

II.3 - Influence de la rigidité des appuis artificiels sur la
liaison entre la convergence côté massif et la conver-
gence côté taille dans une même station de mesures 64

II.4 - Influence de la rigidité des appuis artificiels sur
le comportement du toit 67

II.4.1 - Basculement du toit

- . Basculement du toit dans les voies renforcées
derrière taille par des appuis de rigidité
différente
- . Etude de l'influence de la rigidité des appuis
artificiels sur le basculement dans une voie

II.4.2 - Affaïssement du toit milieu de la voie

II.4.3 - Déformée du toit (flèche)

II.4.4 - Dégradation du toit (expansion)

II.5 - Influence de la rigidité des appuis artificiels sur le
soufflage du mur 79

III - CONCLUSION 82

C H A P I T R E T R O I S

INFLUENCE DU COMPORTEMENT DES APPUIS SUR LES DEFORMATIONS

DES VOIES DE TAILLES

Cette étude portera sur :

- I - L'influence du comportement de l'appui naturel (massif du charbon en place) sur les déformations des voies de tailles.
- II - L'influence des appuis artificiels (piles de bois de rigidité différente, épi d'anhydrite ...) sur ces déformations.

I - INFLUENCE DU COMPORTEMENT DE L'APPUI NATUREL SUR LES DEFORMATIONS DES VOIES DE TAILLES

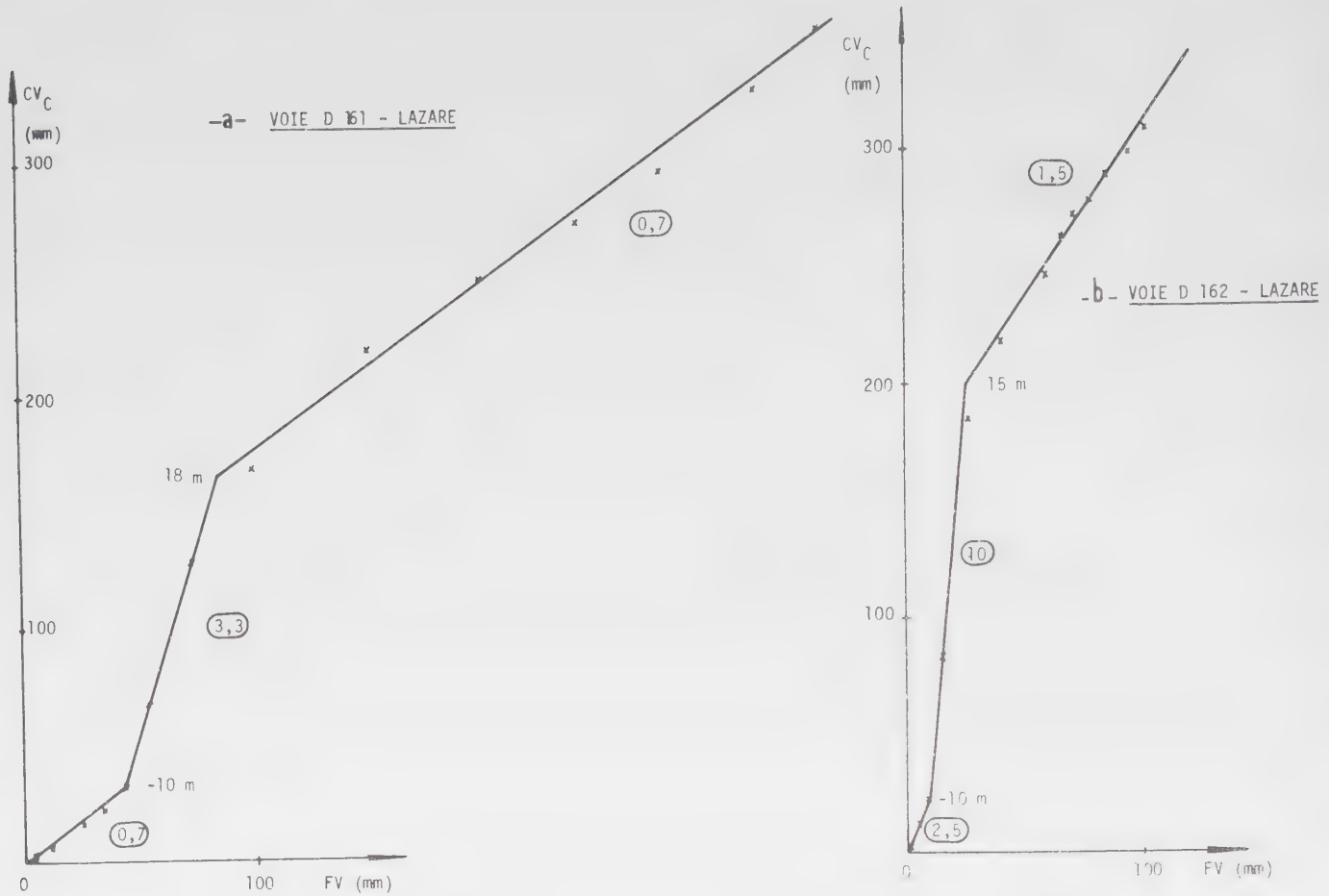
Cette influence a été étudiée plus particulièrement dans les 5 voies suivantes :

- 1 - ENE 500, La Houve, HBL
- 2 - D 161, veine Lazare, siège 4 sud, groupe centre, HBNPC
- 3 - D 162, veine Lazare, siège 4 sud, groupe centre, HBNPC
- 4 - Voie de tête, veine 3, Wendel, La Houve, HBL
- 5 - Descenderie centrale, veine 1, La Houve, HBL

Ces voies ont desservi une première taille, les voies notées de 1 à 4 étant renforcées derrière la taille par des appuis traditionnels, c'est-à-dire, épi de remblai ou piles de bois souples. Le charbon en place côté opposé à la taille a donc un rôle très important pour soutenir la voie. En effet, les bancs du toit immédiat fléchissent sur le massif de charbon après l'écrasement des piles ou de l'épi de remblai monté derrière taille.

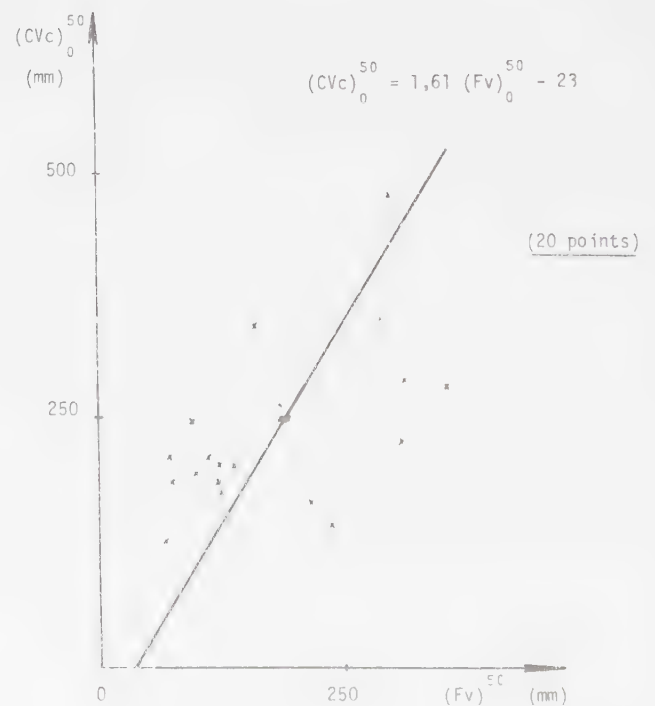
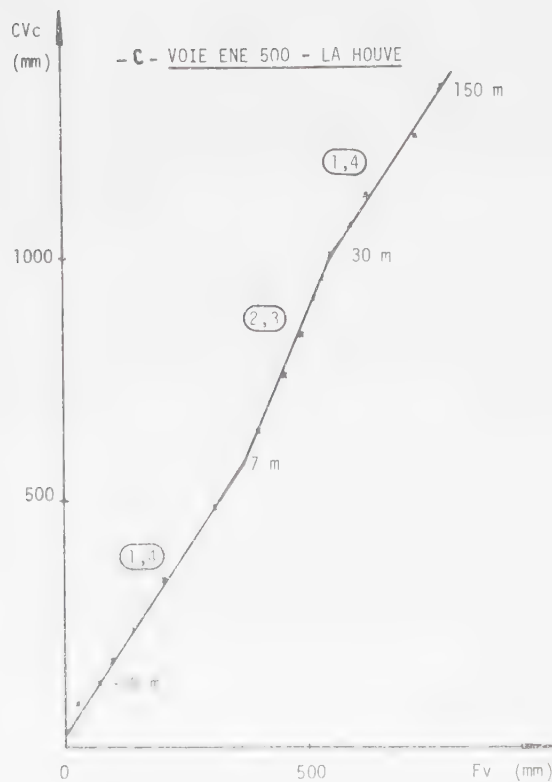
LIAISONS ENTRE CONVERGENCE COTE MASSIF (CV_C)
ET FLUAGE (F_V) FAITES SUR LES COURBES MOYENNES

FIG 38



LIAISON $(CV_C)_{0}^{50m} / (F_V)_{0}^{50m}$

-d- DESCENDERIE CENTRALE, VEINE 1, LA HOUE H.B.L.



Nous avons essayé d'étudier, ces ces voies, l'influence du comportement du massif de charbon en place sur les déformations en liant les paramètres qui caractérisent le comportement du charbon en place (écrasement, fluage, expansion et module d'élasticité du charbon) aux déformations mesurées dans ces voies, essentiellement les convergences côté massif et le basculement du toit.

I.1 - Influence du fluage (Fv) et l'écrasement du charbon (Ecr. V.) sur la convergence côté massif (CVc)

Nous avons étudié cette influence en liant la convergence côté massif au fluage et à l'écrasement du charbon en place.

I.1.1 - Géométrie des déformations dans une galerie

La liaison entre la convergence côté massif (CVc) et le fluage du charbon (Fv) fait apparaître 3 phases.

Le rapport CVc/Fv dépend de la position du front de la taille, (figures 38, a, b, c). Pendant la phase du passage de la taille, la valeur de ce rapport (2,3 à 10) est toujours plus importante que celle constatée pendant les deux phases d'avant passage (0,7 à 2,5) et d'après passage (0,7 à 1,5) où il est à peu près le même (voisin de 1).

Le fait que le rapport CVc/Fv soit relativement important au passage de la taille montre que le fluage du charbon est moins sensible aux variations brusques des contraintes que la convergence. Pendant les deux phases d'avant passage et d'après passage, le rapport CVc/Fv est voisin de 1 et traduit ainsi une grande sensibilité de la convergence au fluage.

Nous avons également lié la convergence côté massif mesurée entre 0 et 50 m derrière taille avec le fluage mesuré sur la même distance, dans la descenderie centrale, veine 1, la Houve. La liaison entre ces deux paramètres est linéaire et directe (figure 38d).

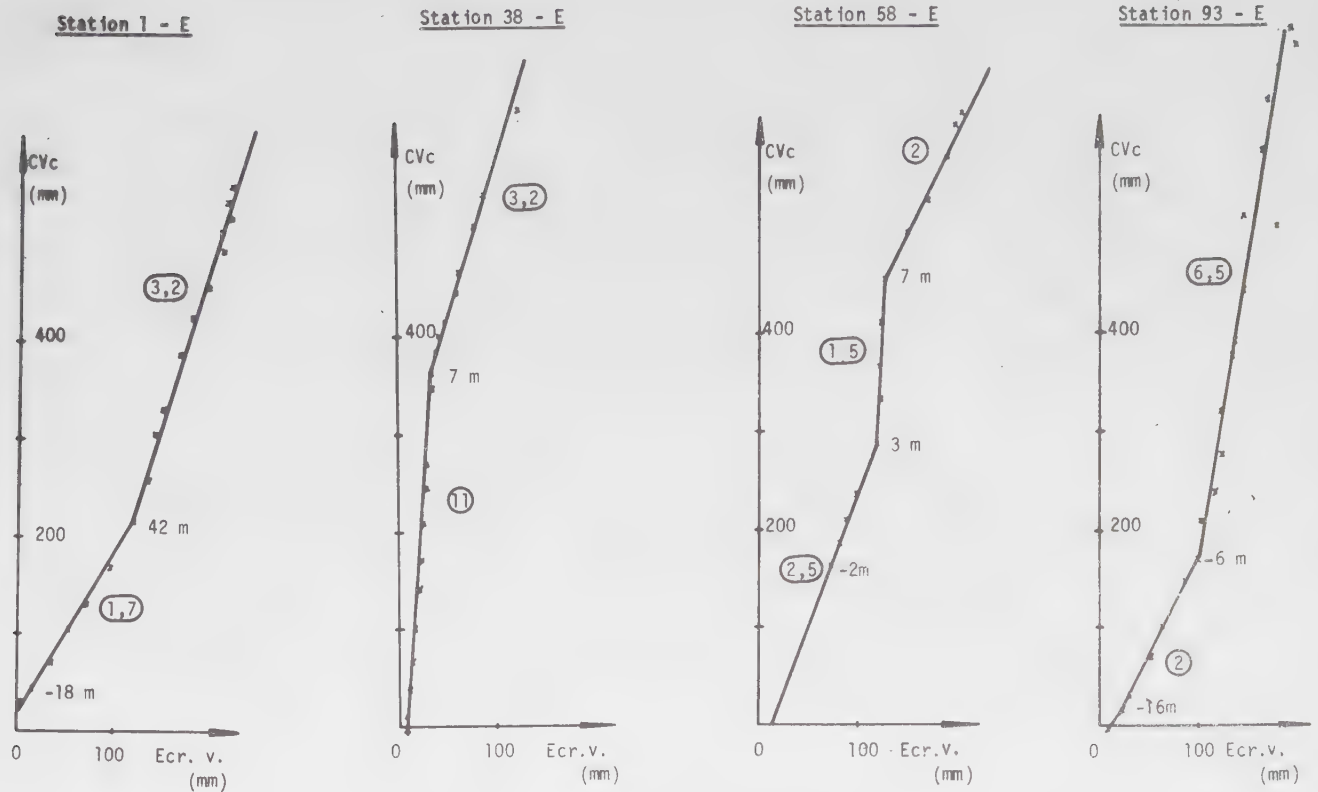


FIG 39b

LIAISON ENTRE CONVERGENCE COTE MASSIF (CV_c)
ET ECRASEMENT DU CHARBON FAITE SUR LES COURBES MOYENNES
ENE 500 - LA HOUE

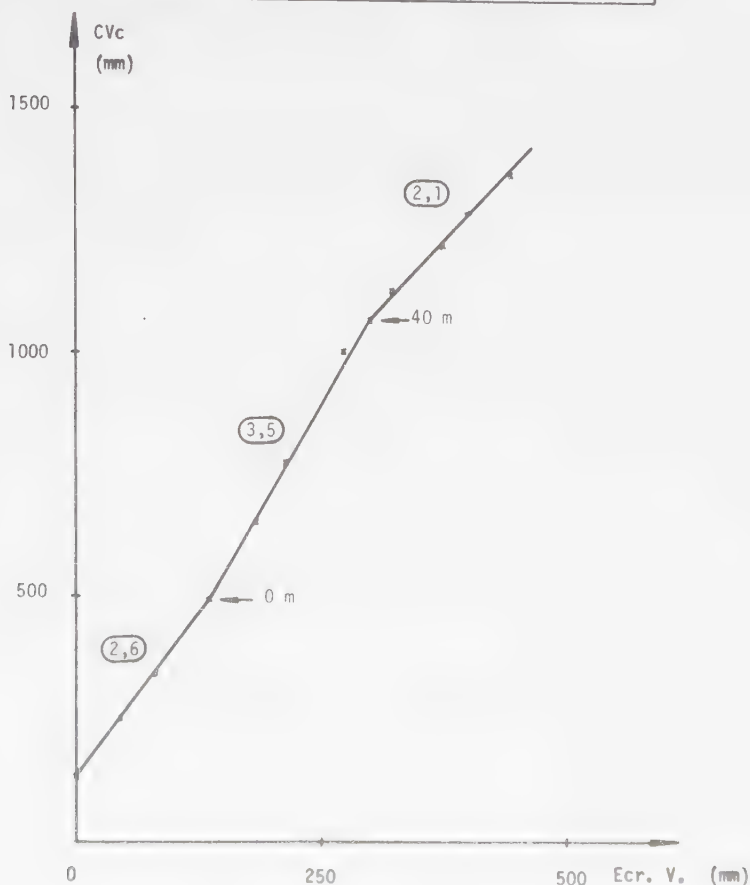
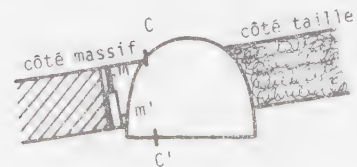


FIG 39c

SCHEMA D'UNE STATION DE MESURE DE
L'ECRASEMENT DU CHARBON ET LA
CONVERGENCE COTE MASSIF



Ecrasement du charbon : la variation de la distance mesurée entre les deux repères m et m' sur un pilot télescopique placé dans une saignée dans le charbon.

Convergence côté massif : la variation de la distance mesurée entre les deux broches C et C'.

L'équation de la ligne de régression est telle que :

$$(CVc) \begin{smallmatrix} 50 \\ 0 \end{smallmatrix} = 1,61 (Fv) \begin{smallmatrix} 50 \\ 0 \end{smallmatrix} - 23$$

(sur 20 points)

Avec un coefficient de corrélation de 0,55, il y a moins de 5 chances sur 100 pour que cette liaison soit due au seul hasard.

D'autre part, la liaison entre la convergence côté massif (CVc) et l'écrasement du charbon en place (Ecr. V.),^{*} fait apparaître également 3 phases (*figures 39a, b*). Mais le changement du rapport d'une phase à l'autre est faible.^{** 2} Ceci veut dire qu'au cours de l'exploitation, la convergence côté massif et l'écrasement du charbon se produisent de la même façon. La convergence est toujours supérieure à l'écrasement du charbon. Ceci peut être expliqué par le gonflement du mur, ou des cassures dans le premier banc du toit au voisinage immédiat de l'aplomb du parement.

1.1.2 - Conséquences sur les dégradations de la galerie

L'étude de la liaison entre la convergence et le fluage du charbon d'une part et entre la convergence et l'écrasement d'autre part, présente un grand intérêt. En effet, le fluage et l'écrasement du charbon sont liés à la dégradation de l'appui qu'il constitue, un écrasement et un fluage importants entraînent une réduction de la portance de l'appui charbon et donc une augmentation virtuelle de la largeur ouverte de la voie. Ceci peut entraîner de fortes convergences.

Dans certaines voies boulonnées on a pu assister à une rupture des bancs du toit due à l'agrandissement de la portée résultant d'un fort fluage et du délavage du charbon. Donnons quelques exemples

* : Une station de mesures de ces deux paramètres est donnée sur figure 39c.

** 2 Sur la station 58-E, figure 39a, le rapport CVc/Ecr.V. est anormalement important (=15) entre 3 m et 7 m après passage. Ceci peut être dû à une convergence côté massif très importante au passage de la taille.

FIG 40

LIAISON ENTRE LE BASCULEMENT DU TOIT (AC) ET LE FLUAGE (FV)
POUR QUELQUES STATIONS DANS LA VOIE D 162 LAZARE.

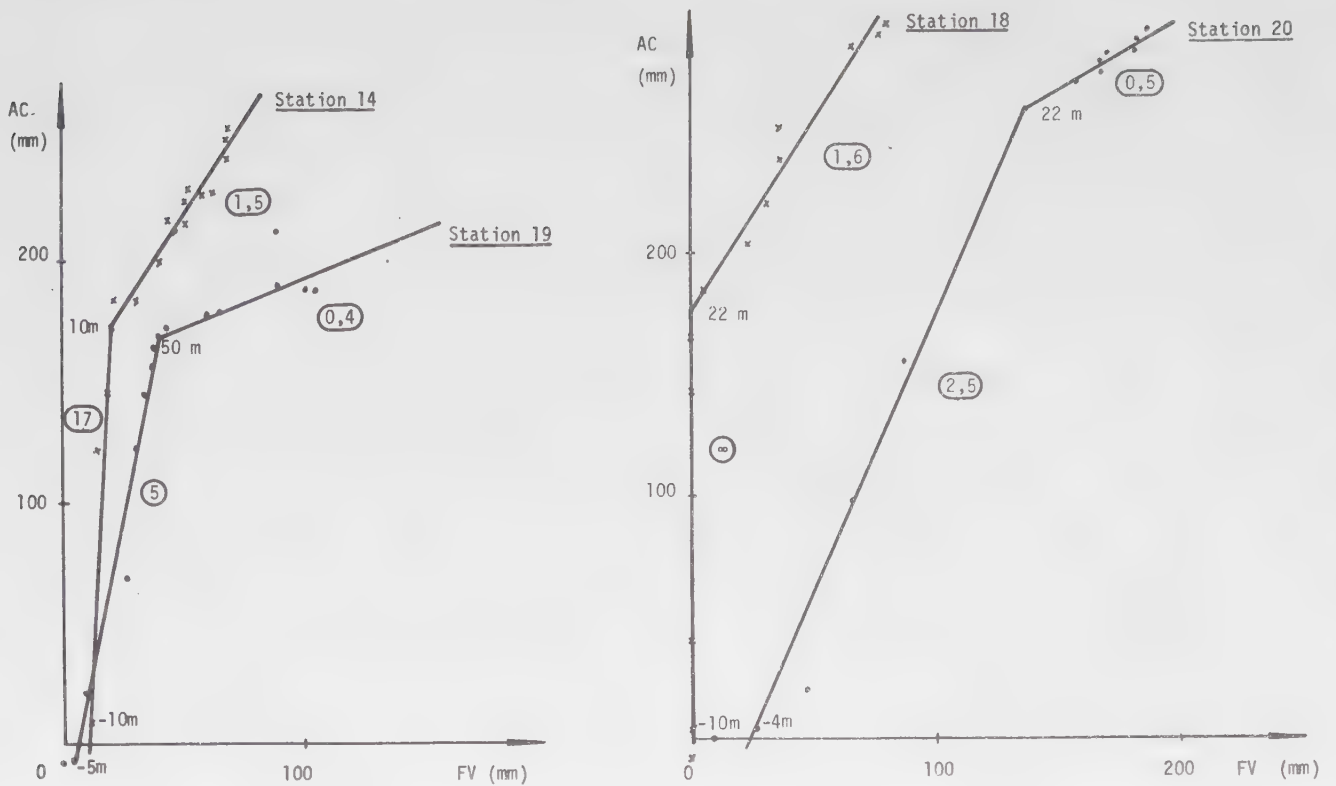
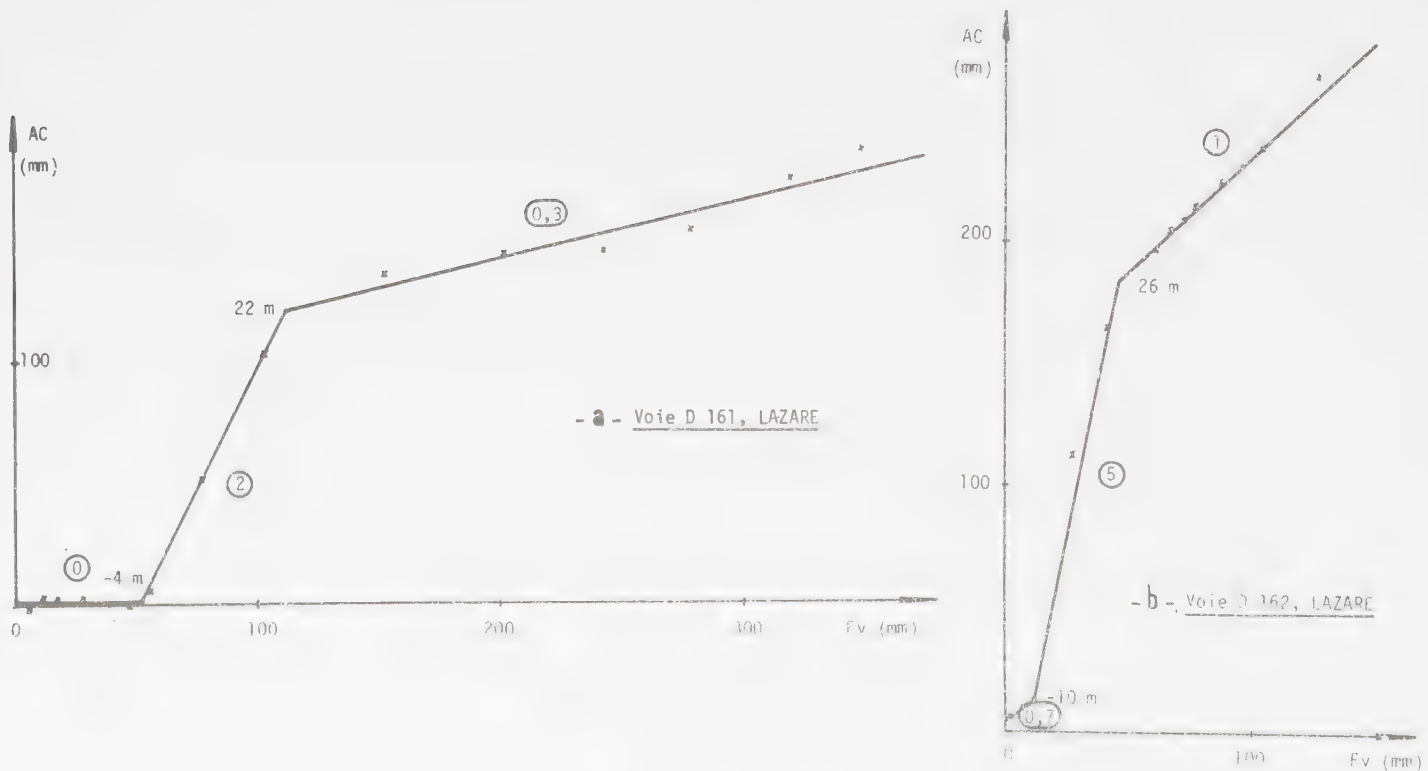


FIG 41

LIAISON ENTRE BASCULEMENT DU TOIT (AC)
ET FLUAGE DU CHARBON (FV), FAITE SUR LES COURBES MOYENNES



Au creusement dans Geneviève D.10, siège 4 Sud, un éboulement s'est produit le 15 janvier 1968. Au voisinage des fronts, on a noté une vitesse importante du fluage dans cette voie.

. Dans Lazare D.160, deux éboulements à 70 et 80 m des fronts. Bien que le fluage soit faible dans cette voie, on a noté une accélération de ce fluage deux jours avant l'éboulement.

. Dans Grande Veine D.312, siège 24 Nord, un éboulement au voisinage de la station 32. Mais aucune mesure n'a pu être prise sur cette station. On note une croissance du fluage à la station 31.

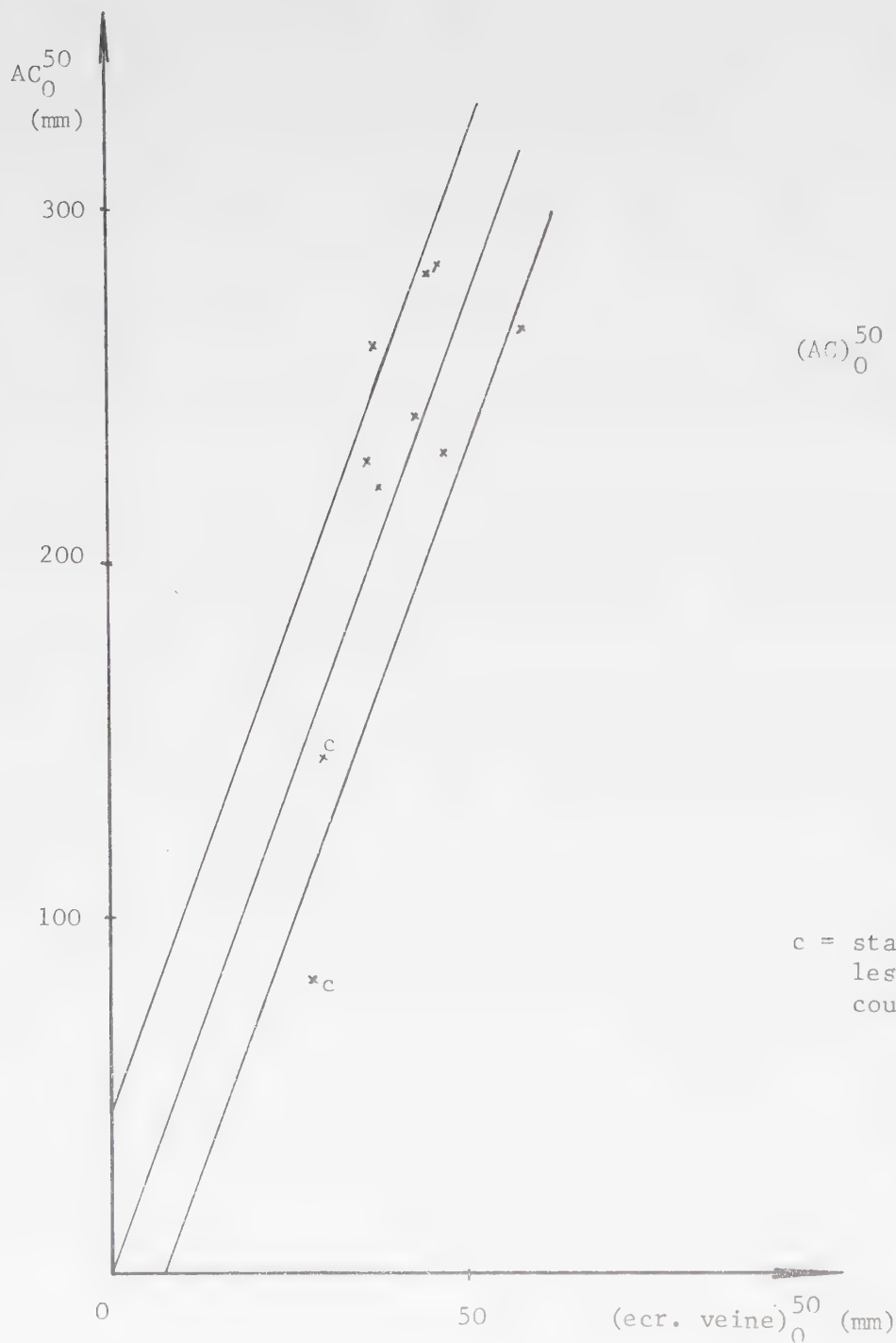
I.2 - Influence du fluage (F_v) et l'écrasement du charbon ($E_{cr. V.}$) sur le basculement du toit

Nous avons également étudié cette influence en liant le basculement du toit avec le fluage et l'écrasement du charbon en place. La figure 40 montre la liaison entre le basculement du toit et le fluage du charbon pour 4 stations dans la voie D 162, veine Lazare et la figure 41a, b, montre cette liaison faite sur les courbes moyennes dans les deux voies D 161 et D 162, veine Lazare. La liaison entre le basculement du toit et le fluage du charbon, comme celle entre la convergence côté massif et le fluage, montre trois phases. Le rapport basculement/fluage dépend également de la position du front de la taille, il est encore très fort pendant la phase du passage de la taille, mais il est inférieur à 1 avant le passage et compris entre 0,3 et 1,5 après le passage de la taille.

Ainsi, avant le passage de la taille, le fluage du charbon et les déformations de la voie sont relativement faibles. L'affaissement du toit est alors presque le même des deux côtés de la voie. Au passage du front de taille, le toit bascule brusquement (figure 111). Le charbon ne réagit pas immédiatement par du fluage à ces déformations.

FIG 42

LIAISON ENTRE BASCULEMENT DU TOIT ET ECRASEMENT DU CHARBON MESURES
ENTRE 0 ET 50 m APRES LE PASSAGE DE LA TAILLE.
DESCENDERIE CENTRALE, VEINE 1, LA HOUE, HBL.



$$(AC)_0^{50} = 5,46 (ecr. v.)_0^{50} + 2$$

(10 points)

c = station dans les zones où
les piles sont serrées par
coussins hydrauliques.

Cela explique un rapport Basculement/Fluage momentanément très fort.

Après le passage de la taille, le basculement du toit est de plus en plus freiné par les piles ou l'épi de remblai montés derrière la taille. Le charbon réagit alors très fortement en s'écrasant et en fluant, le rapport basculement/fluage devient ≤ 1 .

En ce qui concerne la liaison entre le basculement du toit (AC) et l'écrasement du charbon (Ecr. V.), mesurés entre 0 et 50 m après le passage de la taille, dans la descenderie centrale, veine 1, La Houve, HBL, on peut noter qu'une liaison directe existe donc entre ces deux paramètres (*figure 42*). L'équation de la ligne de régression est telle que :

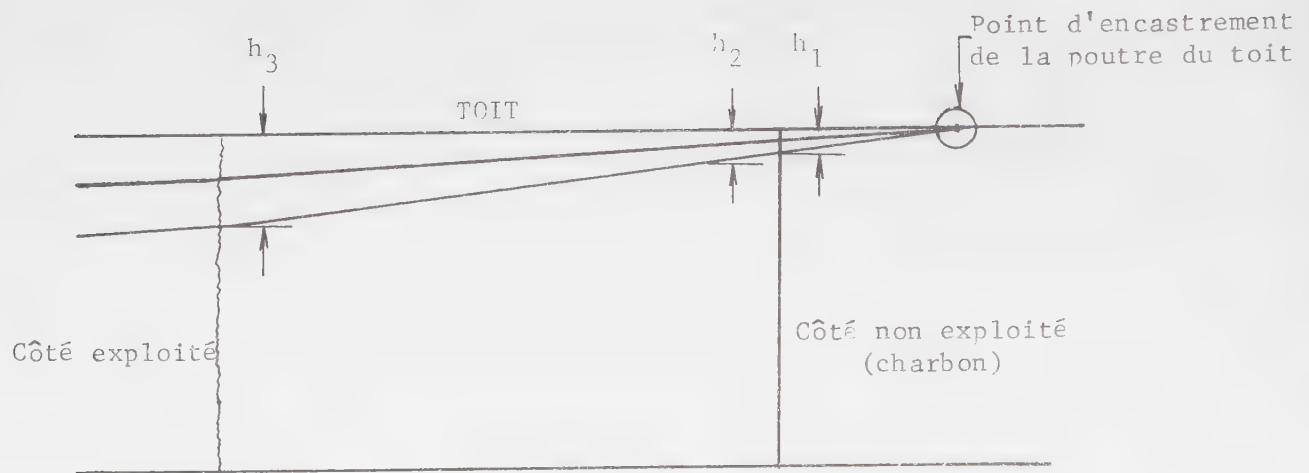
$$(AC) \frac{50}{0} = 5,46 (Ecr. V.) \frac{50}{0} + 2 \quad (\text{sur 10 points})$$

Avec un coefficient de corrélation de 0,77, il y a moins d'une chance sur 100 pour que cette liaison soit due au seul hasard.

La liaison directe entre le basculement du toit et le fluage du charbon d'une part et entre le basculement et l'écrasement du charbon d'autre part, montre que plus le charbon flue et s'écrase, plus le toit bascule vers le côté exploité. Or, l'étude de la convergence côté massif (CVc) en fonction du fluage (Fv) et de l'écrasement du charbon, montre le même résultat c'est-à-dire la convergence est d'autant plus importante que le fluage et l'écrasement du charbon sont importants. Ces deux résultats peuvent paraître contradictoires si on admet qu'une augmentation de la convergence côté massif se traduit par une diminution du basculement du toit. Mais ce n'est pas toujours vrai. En effet, le toit après le passage de la taille, peut être assimilé à une poutre encastrée au-dessus du charbon, son extrémité côté taille

FIG 43

SCHEMA REPRESENTATIF DE L'AFFAISSEMENT DU TOIT ET DE L'ECRASEMENT DU CHARBON APRES LE PASSAGE D'UNE PREMIERE TAILLE



Ecrasement massif = h_1

Affaisssement du toit côté massif = h_2

Affaisssement du toit côté taille = h_3

Basculement du toit = $(h_3 - h_2)$

h_2 , h_3 , et $(h_3 - h_2)$ sont d'autant plus importants que h_1 est grand.

étant plus ou moins libre. Le point d'encastrement du toit est au-dessus du massif de charbon.*

Si le fluage et l'écrasement du charbon sont importants, la convergence et la descente du toit côté massif doivent augmenter. Mais ceci se traduit par un affaissement beaucoup plus important de l'autre extrémité de la poutre du toit, côté taille, et aussi par une augmentation du basculement du toit, comme le montre la figure 43.

I.3 - Influence des caractéristiques mécaniques du charbon sur les déformations d'une voie

Dans la voie de tête, veine 3, Wendel, on a mesuré la convergence côté massif et le basculement du toit dans quelques stations. Le long de cette voie, on a également relevé des épreuves de charbon. Nous avons essayé de lier chacun des paramètres, convergence côté massif et basculement du toit avec une des caractéristiques mécaniques du charbon E_c (Module d'élasticité).

I.3.1 - Liaison entre convergence côté massif (CVC) et le module d'élasticité du charbon (E_c)

L'étude de la liaison entre la convergence côté massif mesurée entre 0 et 50 m après le passage de la taille et le module d'élasticité du charbon fait apparaître une liaison inverse (figure 44a). L'équation de la ligne de régression est la suivante :

$$(CVC) \begin{matrix} 50 \\ 0 \end{matrix} = - 0,0096 E_c + 306 \quad (\text{sur 6 points})$$

La convergence étant en millimètre et E_c en bars.

* La position du point d'encastrement de la poutre du toit par rapport à l'aplomb du parement dépend sans doute de la résistance et de la nature du banc du toit. Si le toit est assez rigide et continue au-dessus de la voie, le point d'encastrement se situe au-dessus de la veine.

FIG 44 a

LIAISON ENTRE CONVERGENCE COTE MASSIF (Cvc)
MESUREE ENTRE 0 ET 50 m ET LE MODULE D'ELAS-
TICITE DU CHARBON (Ec).

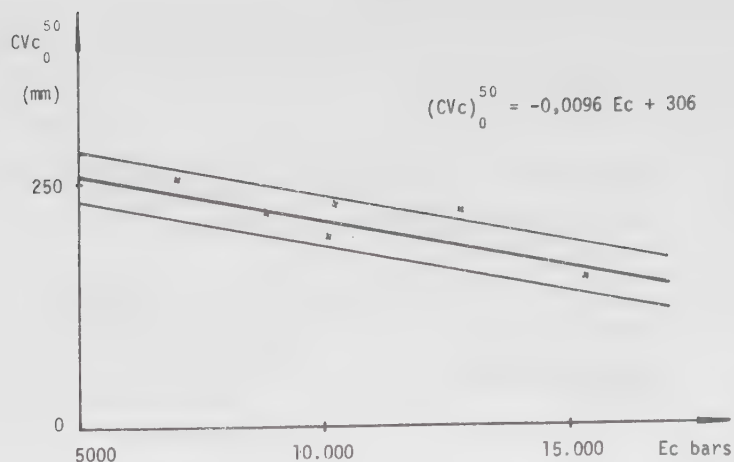


FIG 44 b

LIAISON ENTRE CONVERGENCE COTE MASSIF (Cvc)
MESUREE ENTRE 0 ET 50 m ET LA CONTRAINTE
A LA RUPTURE DU CHARBON (CR)

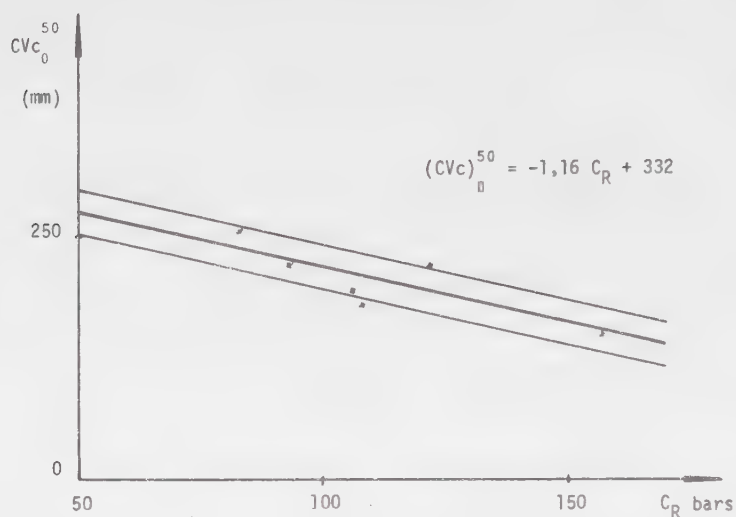
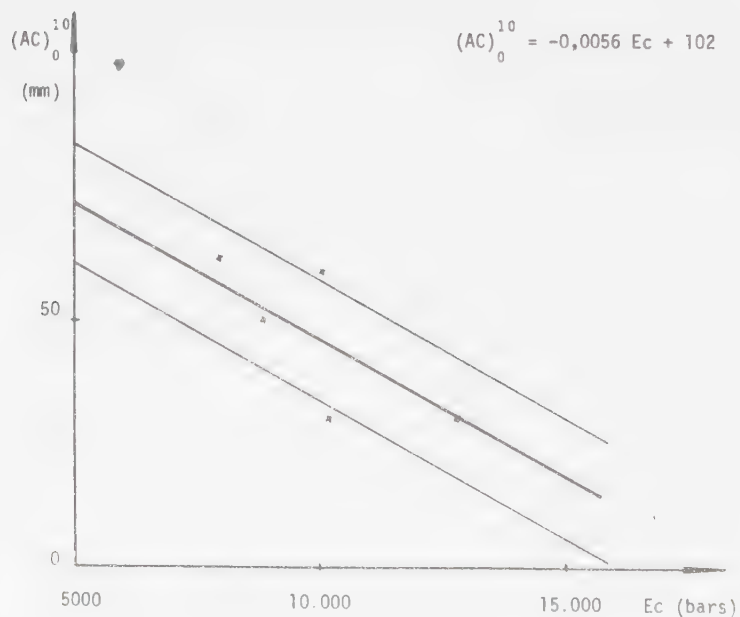


FIG 45

LIAISON ENTRE BASCULEMENT (AC) MESURE
ENTRE 0 ET 10 m ET LE MODULE D'ELASTI-
CITE DU CHARBON (Ec).



Le coefficient de corrélation est de - 0,772. La liaison n'est pas statistiquement significative.*

Toutefois, il convient de mentionner qu'une liaison dans le même sens entre la convergence côté massif et le module d'élasticité a été trouvé dans une étude précédente, CHAMBON /15/.

I.3.2 - Liaison entre le basculement du toit (AC) et le module d'élasticité du charbon (E_c)

La liaison entre le basculement du toit mesuré au passage de la taille (0 - 10 m) et le module d'élasticité du charbon peut être résumé par :

$$(AC) \begin{smallmatrix} 10 \\ 0 \end{smallmatrix} = - 0,0056 E_c + 102 \quad (\text{figure 45}).$$

Le coefficient de corrélation étant - 0,752 et la liaison n'est pas significative (risque de 5 %), ceci peut être dû au petit nombre de stations (5 seulement). Cependant, cette liaison bien que statistiquement non significative montre simplement la façon dont le charbon en place peut influencer le basculement du toit au passage de la taille. Au passage de la taille, le toit peut être assimilé à une poutre encastrée côté massif, son extrémité côté taille n'étant que très peu soutenue. Le charbon a ainsi un rôle principal sur la stabilité et le mouvement du toit. Cette liaison inverse entre $(AC) \begin{smallmatrix} 10 \\ 0 \end{smallmatrix}$ et E_c n'est pas en contradiction avec la liaison directe et significative existante entre le basculement du toit et l'écrasement du charbon (figure 42). Il a été démontré,

* La liaison entre $(CVc) \begin{smallmatrix} \infty \\ 0 \end{smallmatrix}$ et C_r (contrainte à la rupture du charbon) est meilleure que celle-ci. Le coefficient de corrélation est de - 0,822 et la liaison est significative au seuil de 5 %. L'équation de la ligne de régression est :

$$(CVc) \begin{smallmatrix} \infty \\ 0 \end{smallmatrix} = - 1,16 C_r + 8, \quad (\text{figure 46}).$$

La convergence étant en millimètres et la contrainte en MPa.

VIALLET /27/, que pour le charbon, spécialement dans le bassin lorrain, le module d'élasticité est directement lié à la résistance à la compression et on peut penser que plus grande est la résistance à la compression du charbon, plus faible sera son écrasement.

II - INFLUENCE DE LA NATURE ET DE LA CARACTERISTIQUE DES APPUIS ARTIFICIELS SUR LES DEFORMATIONS DES VOIES DE TAILLES

Les études antérieures menées dans les voies au charbon et influencées par les tailles qu'elles desservent ont montré l'influence prédominante des caractéristiques des appuis sur les déformations et l'état des voies. En effet, pour améliorer l'état d'une voie influencée par une taille et la garder derrière taille en bonne condition, il faut choisir des appuis dont les caractéristiques s'adaptent le mieux aux conditions de l'exploitation et à la nature des épontes. En étudiant ce problème, *BRINKMANN ET EVERLING* /32/ ont admis les trois critères suivants pour choisir le soutènement le plus convenable :

- la résistance du soutènement doit éviter le décollement des strates
- les contraintes imposées au toit et au mur ne doivent pas dépasser la résistance à la compression de ces épontes
- la compressibilité des appuis doit correspondre à peu près à la convergence inévitable.

Des essais réalisés dans les HBNPC et dans les HBL ont permis d'étudier l'influence de quelques caractéristiques des appuis artificiels montés en bordure des voies de taille et plus précisément l'influence de leur rigidité sur les déformations de ces voies.

Cette influence a été étudiée par :

- La comparaison entre les déformations mesurées dans des voies renforcées par des appuis rigides (épi d'anhydrite, îlots de pilots, piles de bois serrées par coussins hydrauliques et piles de bois remplies de cailloux) et celles mesurées dans des voies dont les appuis se constituent essentiellement de piles de bois relativement souples ou serrées à la main.

Les déformations mesurées, après le passage d'une première taille, dans des voies protégées par des appuis traditionnels (piles serrées à la main) ont été étudié par *SCHWARTZ /6/*, *RAFFOUX /7/* et *CHAMBON /15/*. Les lois de l'évolution de ces déformations et en particulier celles de la convergence sont bien connues.

Le problème se pose de savoir si le remplacement des appuis traditionnels d'une voie par des appuis plus rigides peut entraîner une amélioration de la tenue d'une voie. Cette comparaison peut donner des éléments de réponse.

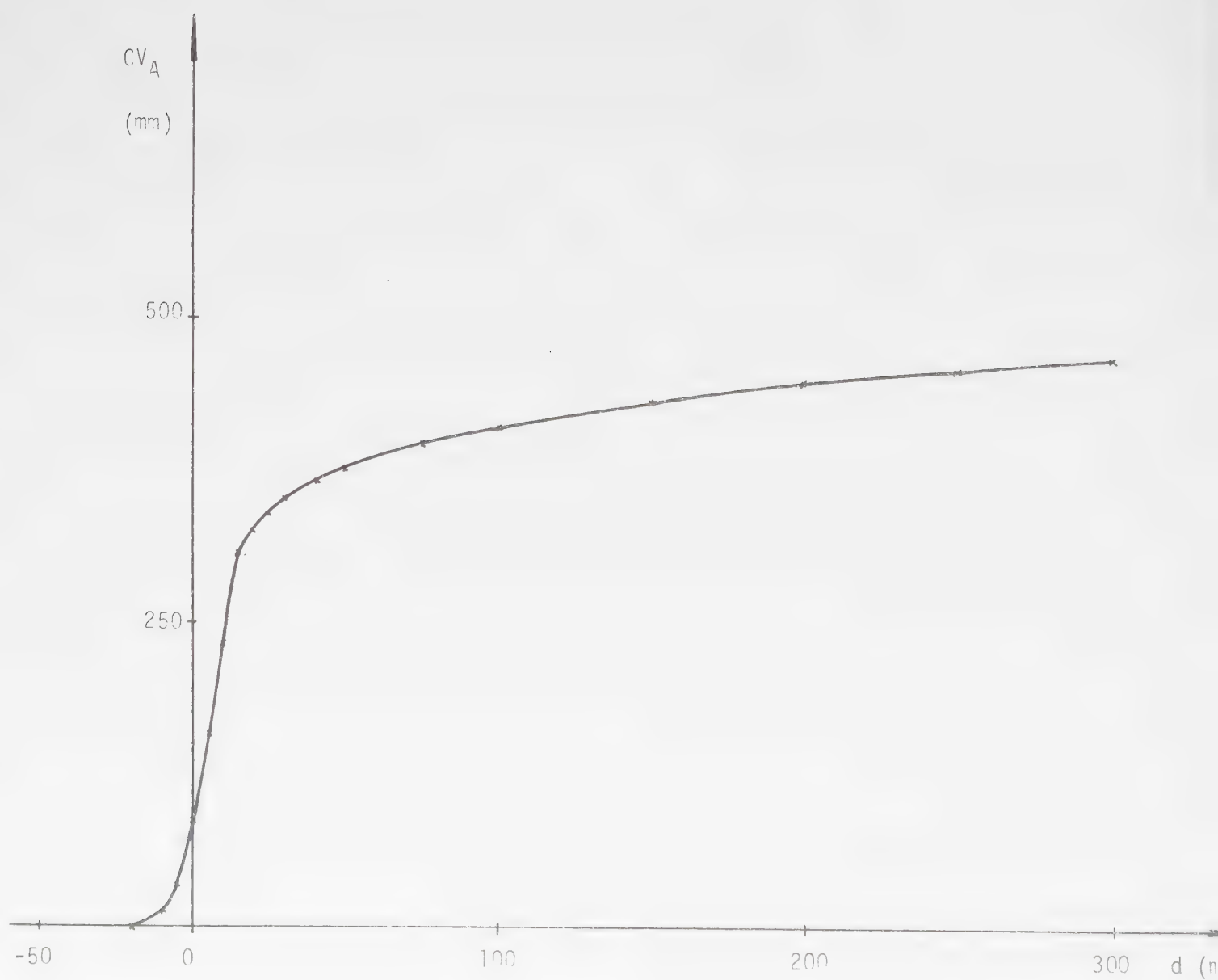
- La comparaison, dans une même voie, des zones alternées renforcées après le passage de la taille par des appuis de rigidité différente.

Dans ce cas, les zones sont implantées dans chaque voie selon un plan d'expérience dont l'objectif est bien délimité.

Cette comparaison peut donner quelques critères de choix entre des appuis de rigidité différente, ce qui peut aider grandement dans l'exploitation.

FIG 46

CONVERGENCES COTE TAILLE, ESTIMEE A PARTIR DE L'ETUDE DE
L'INFLUENCE DE FACTEURS, EN FONCTION DE LA DISTANCE AU FRONT DE LA TAILLE.



II.1 - Comparaison entre la convergence côté taille observée dans des voies renforcées par des appuis rigides et la convergence estimée à partir des mesures antérieures

II.1.1 - Convergence estimée

Toutes les courbes de la convergence en fonction de la distance au front de taille ont une forme en S. Ces courbes ont été tabulées en calculant une moyenne des lois d'évolution des convergences dans des voies influencées par les premières tailles qu'elles desservent, ces voies étant renforcées par des épis de remblai ou piles de bois.

Il existe deux tabulations de la courbe de la convergence côté taille en fonction de la distance au front de la taille.

- Tabulation de SCHWARTZ

Cette courbe a été formulée à partir des mesures des convergences côté taille dans une dizaine de voies desservant une première taille.

Les convergences sont exprimées en ‰ de W (l'ouverture exploitée).

- Tabulation de RAFFOUX

RAFFOUX a étudié, sur 27 chantiers, l'influence de différents facteurs sur l'amplitude des convergences côté taille. Le facteur le plus important étant l'ouverture, comme dans l'étude de SCHWARTZ, nous avons établi une tabulation des convergences côté taille en ‰ de W, semblable à celle de SCHWARTZ, en prenant des valeurs moyennes pour la vitesse d'avancement de la taille (2 m/jour) et la profondeur (500 m).

Cette tabulation est donnée sur le *tableau 2* et la courbe de la convergence estimée en fonction de la distance au front de taille est tracée sur la *figure 46*.

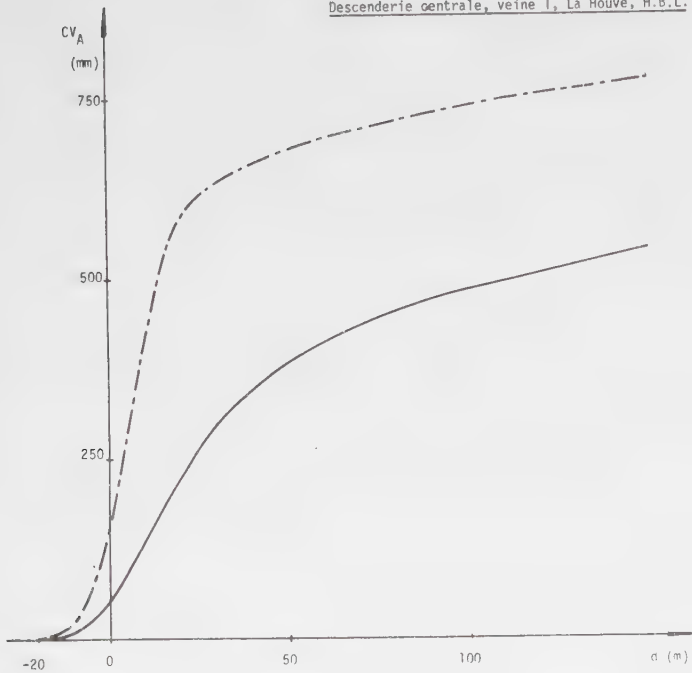
FIG 47

COURBES MOYENNES DE LA CONVERGENCE COTE TAILLE (CV_A)
ESTIMÉE ET OBSERVÉE DANS 5 VOIES

— CV_A observée
- - - CV_A estimée

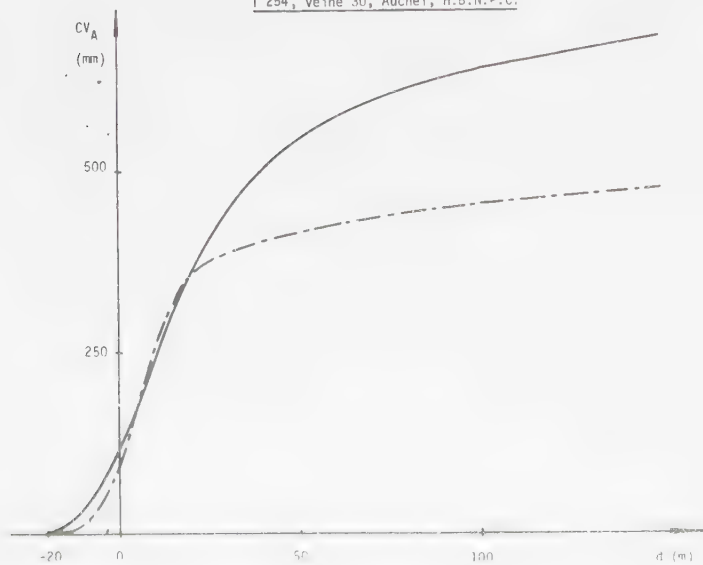
- a -

Descenderie centrale, veine 1, La Houve, H.B.L.



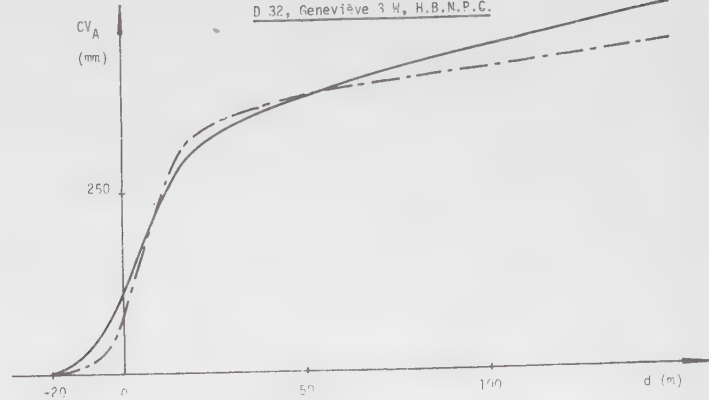
- b -

T 254, veine 30, Auchel, H.B.N.P.C.



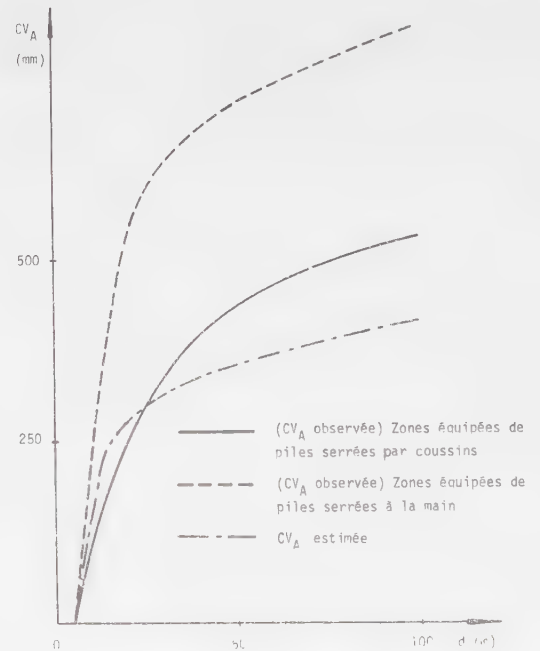
- c -

D 32, Geneviève 3 M, H.B.N.P.C.

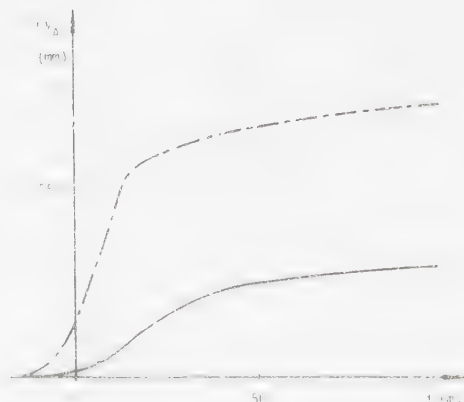


- d -

D 59 2, Marthe, 19 Lens, H.B.N.P.C.



- e - Vc 2, Coecilia, Lens, H.B.N.P.C.



II.1.2 - Convergence observée et convergence estimée

Comme nous l'avons noté, la courbe estimée représente la convergence côté taille en fonction de la distance au front de la taille dans des voies protégées derrière la taille par un épi de remblai ou piles de bois. La comparaison entre cette courbe et la courbe moyenne de la convergence observée côté taille dans des voies renforcées après passage taille par des appuis rigides peut nous aider à étudier l'influence de la rigidité des appuis sur la convergence mesurée côté taille dans les voies.

Les figures 47a, b, c, d et e montrent la courbe moyenne de la convergence observée côté taille et la courbe estimée pour 5 voies étudiées, les alignements entre les deux convergences (observée et estimée) ont été données sur les figures 48a, b, c, d et e.

Les caractéristiques générales des 5 voies étudiées et celles des appuis montés en bordure de chaque voie ont été données sur le *tableau 1* (Chapitre un).

La liaison entre la convergence observée et estimée, fait apparaître normalement 3 phases :

- . phase d'avant passage (jusqu'au passage de la taille)
- . phase du passage (0 à 17 m environ)
- . phase d'après passage (au-delà de 17 m).

Le rapport entre les deux convergences (observée/estimée) varie d'une phase à l'autre, mais la différence entre le rapport dans les deux premières phases est très faible et parfois il est impossible de les séparer. Par contre, l'écart entre le rapport pendant la phase d'après passage et celui pendant la phase du passage est important (*tableau . .*

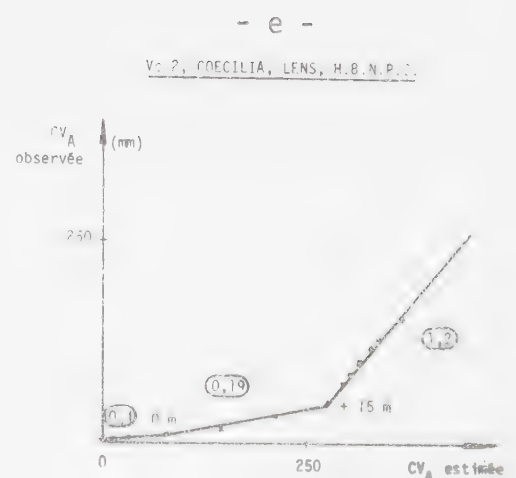
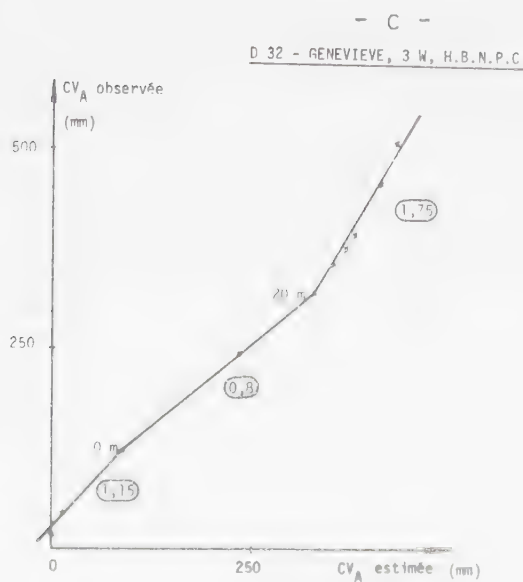
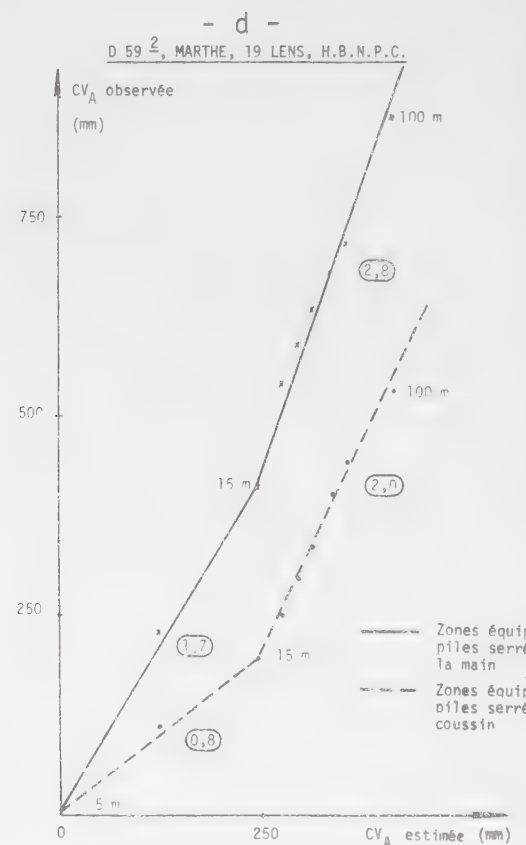
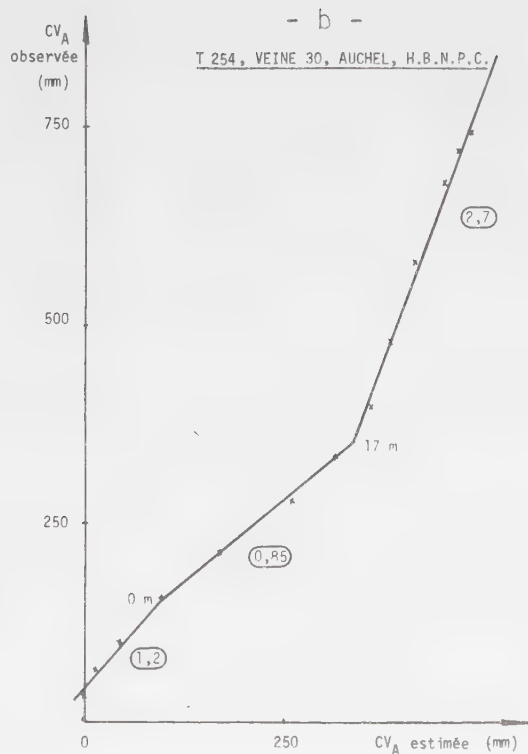
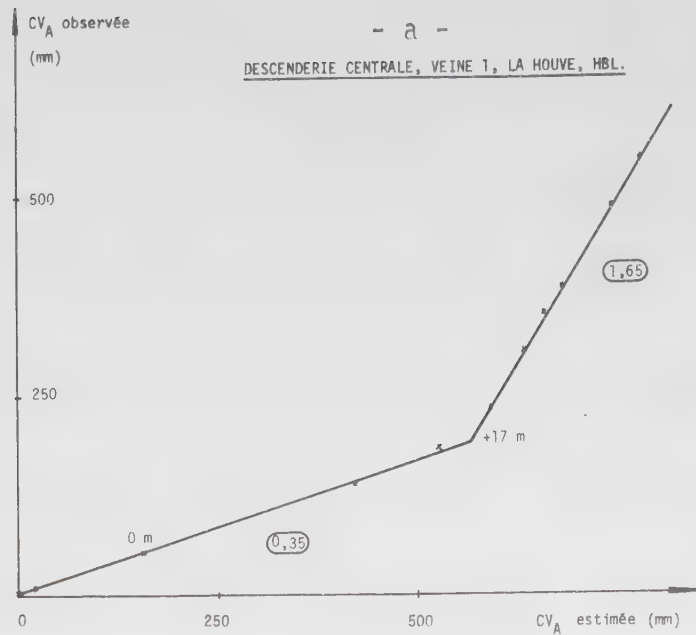


TABLEAU 3 :

Comparaison entre convergence côté taille observée et estimée.

Chantiers	Convergence côté taille	Phase d'avant passage	Phase du passage	Phase d'après passage	Total	CV _A observée/CV _A estimée			
						avant passage	passage	après passage	Total
Descenderie centrale, veine 1, La Houve, HBL	observée	50	153	339	542	0,32	0,39	1,53	0,70
	estimée	157	395	222	774				
Auchel, veine 30 voie T 254, U.P., HBNPC	observée	120	204	383	707	1,25	0,84	2,60	1,45
	estimée	96	244	148	488				
Geneviève, voie D 32, 3 W, HBNPC	observée	109	196	187	492	1,25	0,82	1,82	1,15
	estimée	87	240	105	432				
Marthe, voie D 59 ² , Lens, HBNPC	observée	Zone I	195	335	530	-	0,80	1,77	1,28
		Zone II	410	400	810	-	1,68	2,47	2,11
	estimée	-	240	120	360				
Coecilia, voie VC 2, Lens, HBNPC	observée	8	18	100	126	0,17	0,19	1,15	0,24
	estimée	78	200	92	370				

Notes :

I = Zones traitées par piles serrées par coussins hydraulique

II = Zones traitées par piles serrées à la main

FIG 49

PROFILS DE CONVERGENCE COTE TAILLE (CV_A)
DESCENDERIE CENTRALE, VEINE 1, Q-18, LA HOUE, H.B.L.

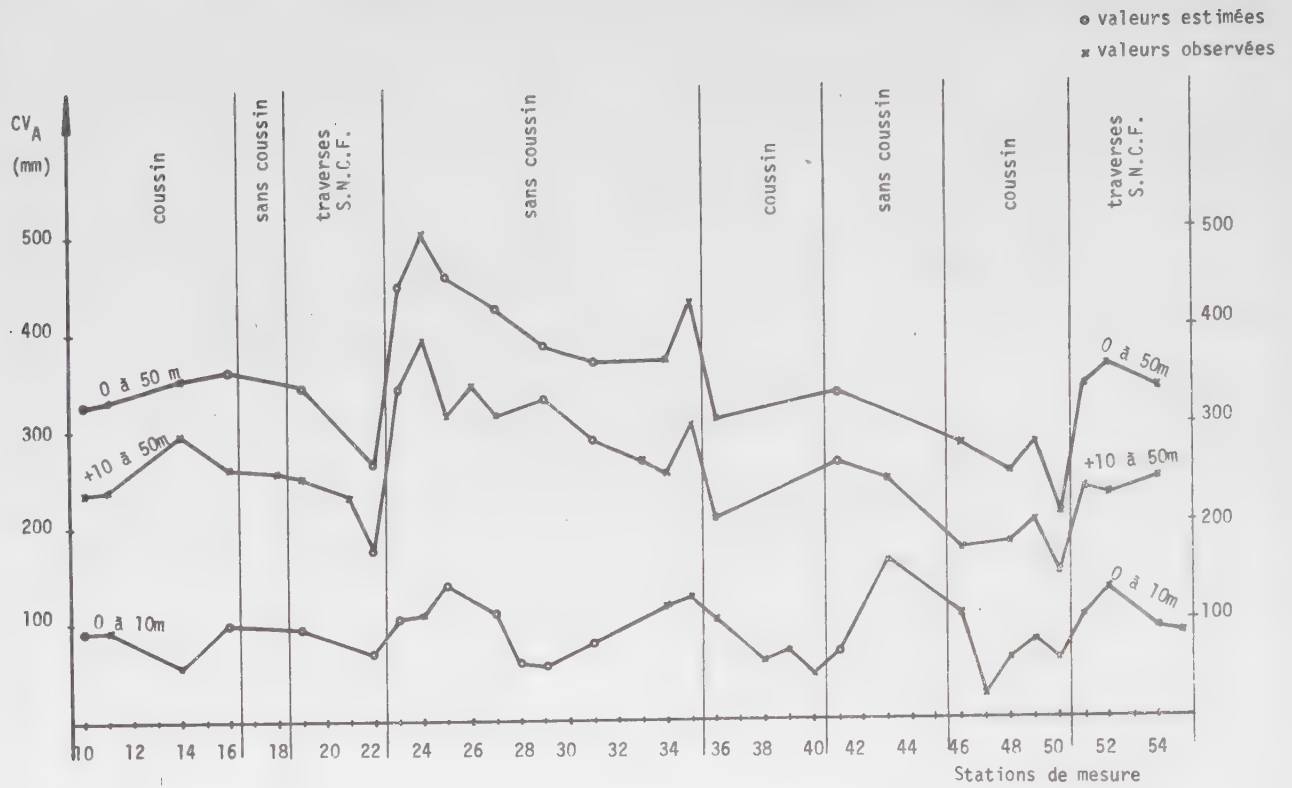
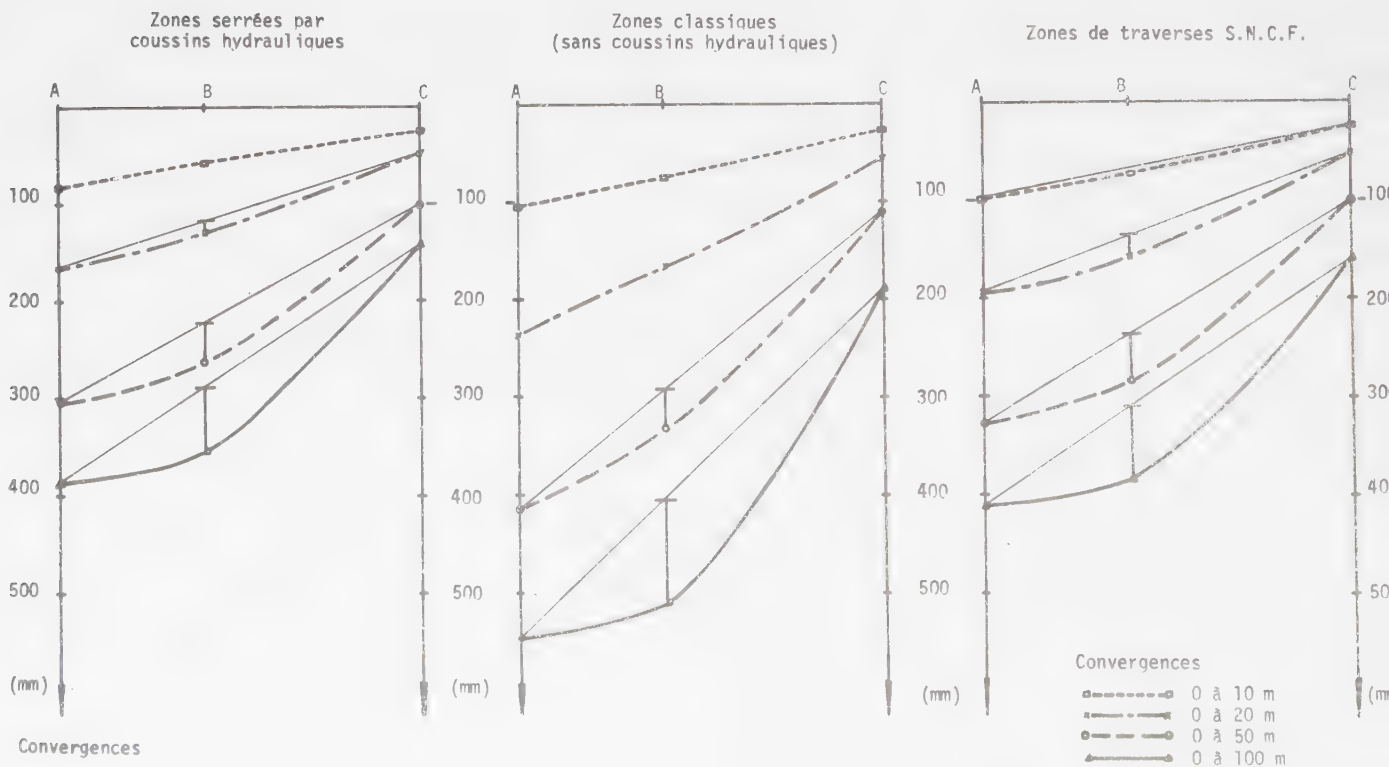


FIG 50

SCHEMA DES CONVERGENCES DANS UNE SECTION TRANSVERSALE DE LA VOIE



Avant passage : le rapport entre la convergence observée et la convergence estimée dépend surtout de la lithographie et des conditions d'exploitation sus-jacentes : les valeurs les plus fortes (1,25) proviennent de chantiers caractérisés soit par des enchevêtrements de limites d'exploitation (Geneviève D32) soit par un premier mur très tendre (Auchel T254) qui a été rabaissé au passage de la taille.

Au passage de la taille, la convergence observée est toujours inférieure à la convergence estimée, après passage, c'est la convergence observée qui est plus importante que la convergence estimée.

Les conditions de lithographie et d'exploitation sus-jacentes très différentes d'un chantier à l'autre ne permettent pas de comparer ces voies entre elles et rendent difficile l'interprétation de comparaison entre convergence observée et convergence estimée.

Toutefois, l'on peut dire que les appuis rigides (ilôts de pilots, épi d'anhydrite, piles de bois serrées par coussin hydraulique) réduisent la convergence mesurée côté taille pendant la phase du passage par rapport à la convergence estimée., c'est-à-dire celle que l'on aurait eue si les voies avaient été renforcées par des épis de remblai ou des piles de bois souples.

D'autre part, le serrage des piles par coussin hydraulique agit sur les convergences mesurées côté taille comme une augmentation de la rigidité de l'appui : dans la descenderie centrale, par exemple, la mise en serrage des piles côté taille en bordure de la voie a diminué les convergences côté taille. Comme le montre *le tableau 4 et les figures 49 et 50*, la valeur moyenne des convergences côté taille mesurées entre 0 et 50 m dans les zones serrées par coussin hydraulique a été inférieure de 26,4 % à celle mesurée dans les zones traitées par piles de chêne sans serrage. Une influence de la mise en serrage des piles par coussin hydraulique sur la convergence côté taille a été sensible jusqu'à 100 m derrière la taille ; cette convergence a été réduite de 29 %.

TABLEAU 4 :

Valeurs moyennes des paramètres des convergences AA' (coté taille), BB' (milieu de la voie) et CC' (coté massif), mesurées dans des zones traitées par des piles de rigidité différente.

Descenderie centrale, veine 1, La Houve, HBL.

Zones	Nombre de stations	Paramètres	- 10 à 0 m			0 à 10 m			10 à 50 m			0 à 50 m			50 à 100 m			0 à 100 m		
			AA'	BB'	CC'	AA'	BB'	CC'	AA'	BB'	CC'	AA'	BB'	CC'	AA'	BB'	CC'	AA'	BB'	CC'
I	5	m	35	33	16	83	57	25	223	203	76	306	261	101	79	92	40	386	353	141
		σ	6,3	5,4	4,3	20,6	14,2	1,7	53,9	13	11	55,5	24	12,1	18,5	40,2	12	42,2	54,7	10,2
II	8	m	41	30	14	104	75	28	312	258	81	416	333	109	128	178	79	544	510	188
		σ	17,9	8,1	3,1	33,2	17,6	12,4	43	30,1	30,1	49,3	41,5	44,1	24	40,7	20,8	63	57,1	51,5
III	4	m	34	27	15	98	72	26	229	211	75	327	283	101	84	99	57	411	382	158
		σ	12,7	8,4	3,3	22,2	10,8	3,6	21,7	22,6	20,5	37	32,7	22,9	22,9	36,6	13,6	48	64,5	19,1
$\frac{II - I}{II} \%$												26,4	21,6	7,3	38,3	48,3	49,4	29	30,8	25
$\frac{II - III}{II} \%$												21,4	15	7,3	34,4	44,4	27,8	24,4	25,1	16

Notes :

- I = zones dans lesquelles les piles côté foudroyé sont serrées par coussins hydrauliques
 II = zones dites classiques, les piles ne sont pas mises en serrage
 III = zones dans lesquelles les piles sont constituées de traverses SNCF

II.2 - Influence de la rigidité des appuis artificiels sur la convergence mesurée au milieu de la taille (0 m)

L'influence de la rigidité des appuis artificiels sur les déformations des voies de taille a été précédemment étudiée par différents auteurs WOLEGANG /33/ a montré (figure 51) un profil de la convergence mesurée le long des 3 zones dans une voie, la convergence mesurée dans deux zones traitées par une dame d'anhydrite a une valeur moyenne et une dispersion inférieure à celles de la convergence mesurée dans la zone traitée par piles de bois.

Une étude semblable a pu être effectuée dans la descenderie centrale, veine 1, La Houve. On a mesuré les convergences milieu de la voie dans des zones traitées par des appuis de rigidité différente. Nous avons résumé les résultats sur le tableau 4 et les figures 50 et 52.

Dans les zones où les piles côté foudroyage ont été serrées par coussin hydraulique, la convergence milieu de la voie a eu une valeur moyenne plus faible que dans les zones sans serrage. Entre le passage de la taille (0 m) et 50 m plus loin, la convergence a été diminuée de 21,6 %.

L'influence du serrage des piles par coussins hydrauliques sur le mouvement au milieu de la voie a été très important entre 50 et 100 m après le passage de la taille : la valeur moyenne de la convergence milieu de la voie mesurée dans les zones serrées par coussin a été de 48,3 % plus faible que dans les zones traitées par des piles de chêne sans serrage.

Le remplacement de chêne par des traverses SNCF a également diminué les convergences mesurées milieu de la voie entre le passage de la taille (0 m) et 100 m après le passage, la valeur moyenne de CV_B mesurée dans les zones traitées par des traverses SNCF a été inférieure de 25 % par rapport aux zones où les piles sont en chêne.

En étudiant le mouvement du toit et du mur dans les différentes zones le long de cette voie, on constate que la réduction des convergences par la mise en serrage des piles ou par le remplacement des piles de chêne par des piles de traverses SNCF, provient essentiellement du mouvement du toit : le soufflage du mur ne s'est pas montré très différent d'une zone à l'autre.

II.3 - Influence de la rigidité des appuis artificiels sur la liaison entre la convergence côté massif (CV_C) et la convergence côté taille (CV_A) dans une même station de mesures

La liaison CV_C / CV_A a été précédemment étudiée par RAFFOUX /7/ dans des voies influencées par les premières tailles qu'elles desservent. Ces voies ont été renforcées derrière taille essentiellement par des épis de remblai ou des piles de bois souples.

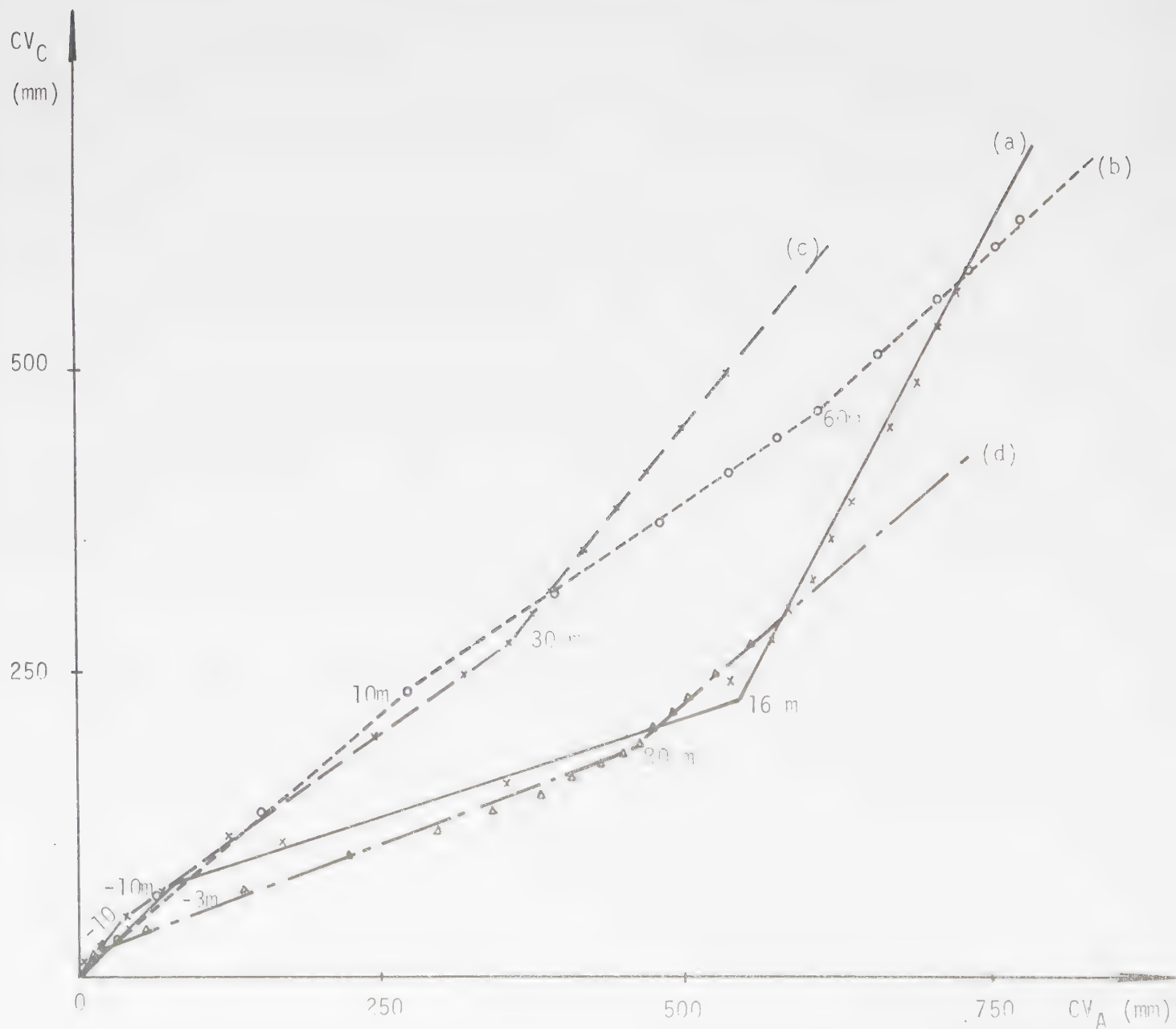
Cette étude montre que la liaison entre les deux convergences est linéaire au cours de chaque phase de passage de la taille, mais le rapport CV_C / CV_A varie d'une phase à l'autre. Il est voisin de 1 pendant les deux phases, d'avant passage ($-\infty$ à 0) et d'après passage (15 m à $+\infty$). Par contre, la phase du passage (0 à 15 m environ) est caractérisée, dans ces voies, par un rapport CV_C / CV_A très faible ($\ll 1$), *figure 53a*. Pendant cette phase, l'appui artificiel est mis en place et commence à se comprimer. Il ne peut donc pas opposer aux fortes déformations dues à l'enlèvement du charbon, la convergence côté taille augmente donc très rapidement par rapport à la convergence côté massif.

Nous avons étudié la liaison CV_C / CV_A dans quelques voies renforcées par des appuis artificiels assez rigides. Cette étude a fait apparaître une influence nette de la rigidité des appuis sur cette liaison.

FIG 53

$$\text{LIAISON } CV_C = f(CV_A)$$

- (a) x ——— x EMSE 395 - LA HOUE
- (b) o - - - - - o T 254 - AUCHEL
- (c) x ——— x D 32 - GENEVIEVE
- (d) ▲ ——— ▲ Descenderie centrale - LA HOUE



Le découpage en trois phases de la liaison CV_c/CV_A dans les voies de référence est devenue moins net dans les voies traitées par un appui rigide. La différence entre le rapport CV_c/CV_A dans les différentes phases de passage de la taille a été diminuée, mais la phase du passage a été beaucoup plus longue, comme le montrent le *tableau 5* et les *figures 53a, b, c et d*).

Dans la voie D 32, Geneviève, *figure 53c*, le rapport CV_c/CV_A pendant les 3 phases, d'avant passage, du passage et d'après passage vaut respectivement 1,20, 0,70 et 1,20. Dans la voie T 254 Auchel, *figure 53b*, le rapport est égal à 0,85, 0,70 et 0,90 successivement dans les 3 phases. La différence ici entre la pente d'une phase à l'autre est très faible, la liaison CV_c/CV_A ne représente pratiquement qu'un seul alignement dont la pente moyenne est égale à 0,80.

Dans la descenderie centrale, *figure 53d*, la liaison CV_c/CV_A ne présente plus que deux phases*, d'avant passage (- ∞ à - 10 m) et d'après passage (- 10 m à 80 m, le comportement particulier de la phase du passage n'apparaît pas ici. Le rapport CV_c/CV_A après passage - 10 m à 80 m dans cette voie est relativement faible (0,40). Ceci peut être dû aux faibles convergences côté massif et non pas à de fortes convergences côté taille.

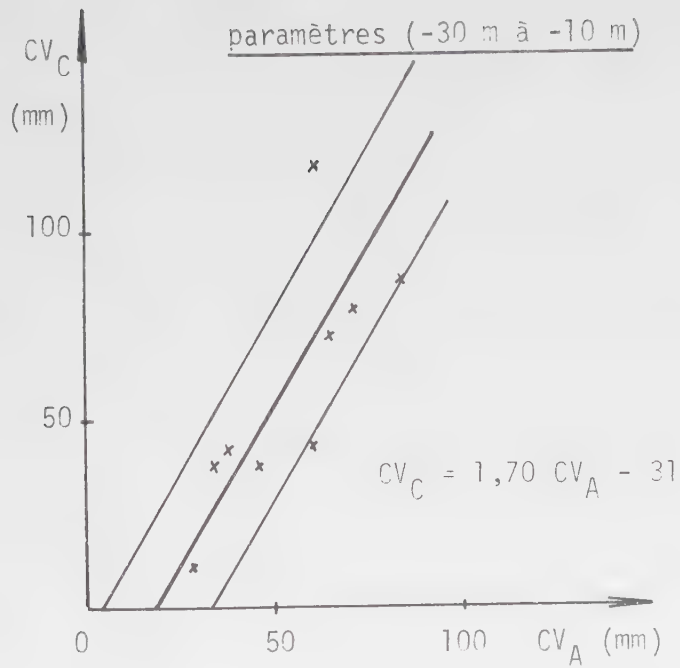
Enfin, l'étude de corrélation entre CV_c et CV_A dans les zones traitées par pilots et les zones traitées par anhydrite dans la voie T 254 Auchel, a conduit au même résultat. Dans les zones traitées par pilots, le rapport CV_c/CV_A a été nettement différent d'une phase à l'autre : 1,70 en avant passage (- 30 m à - 10 m) et 0,53 au passage de la taille (- 10 m à 10 m), *figures 54a, c*. Cette différence montre une dissymétrie importante des déformations des deux côtés de la voie au moment du remplacement du charbon par des pilots. Par contre, dans les

*

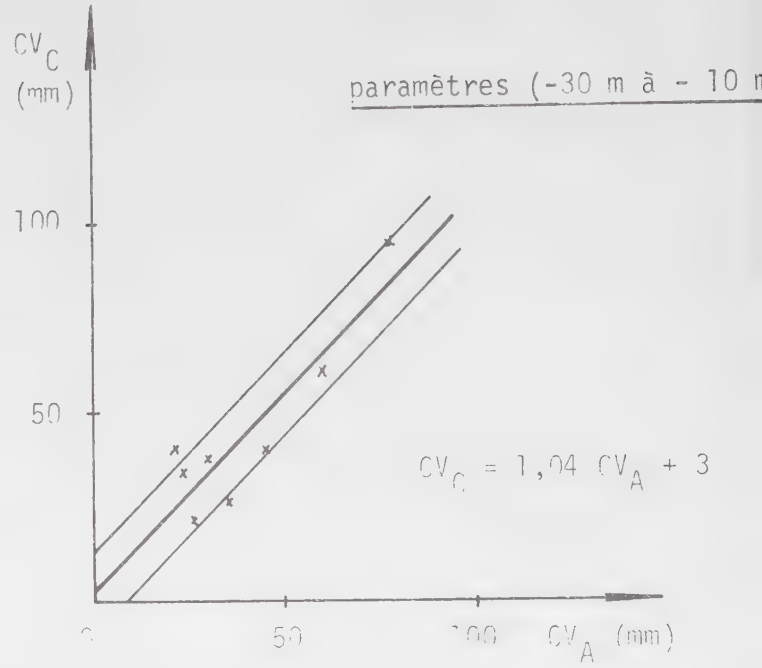
FIG 54

LIAISON CV_C / CV_A
 A ET B ZONES PILOTS
 C ET D ZONES ANHYDRITE

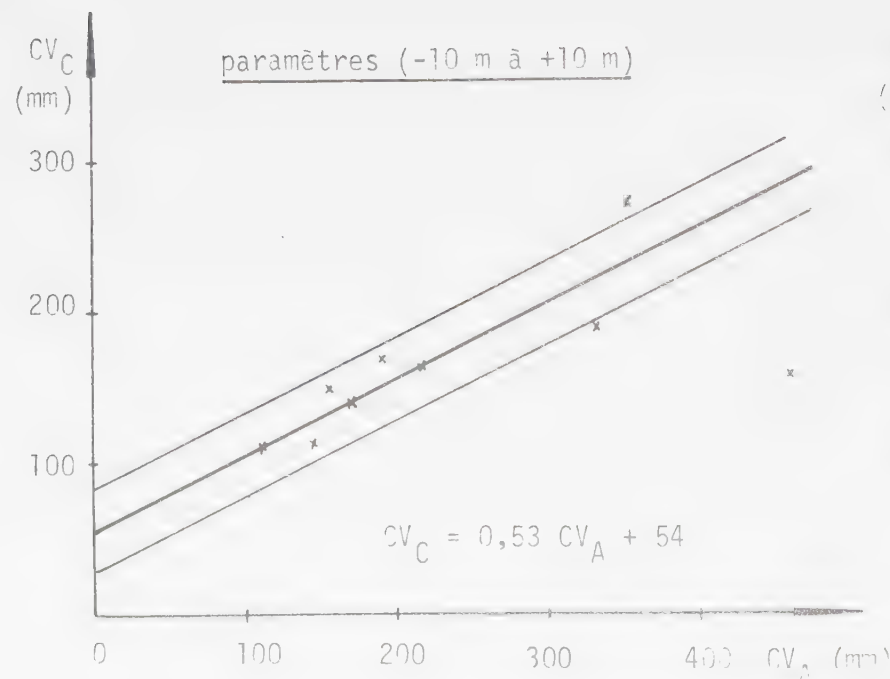
(A)



(B)



(C)



(D)

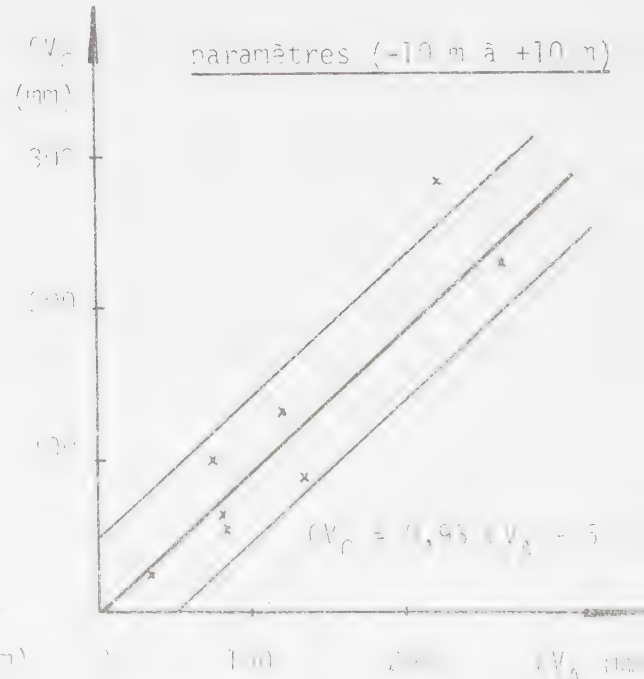


TABLEAU 5 :

Liaison entre la convergence côté massif (CV_c) et la convergence côté taille (CV_A).

CHANTIERS	Nombre de phases	Limites de chaque phase	Pente
(a) EMSE 395 La Houve	3	- - à - 3 m - 3 m à + 16 m + 16 à +	1,00 0,30 1,80
(b) T 254 veine 30° Auchel	3	- - à + 10 m 10 m à 60 m 60 m à -	0,85 0,70 0,90
(c) D 32 veine Geneviève 3 W	3	- - à - 10 m - 10 m à + 30 m 30 m à	1,20 0,50 1,20
(d) Descenderie centrale veine 1, La Houve	3	- - à - 10 m - 10 m à + 80 m 80 m à	1,00 0,40 0,50

zones traitées par une dame d'anhydrite, la dissymétrie des déformations au passage de la taille disparaît, le rapport CV_c / CV_A ayant une valeur 1,04 en avant passage (- 30 m à - 10 m) et 0,93 au passage de la taille (- 10 m à 10 m) (figures 54b, d). Grâce à sa résistance très élevée, l'anhydrite a pu garder le rapport entre les deux convergences, mesurées des deux côtés de la voie, voisin de 1 pendant les deux phases d'avant passage et du passage de la taille.

II.4 - Influence de la rigidité des appuis artificiels sur le comportement du toit

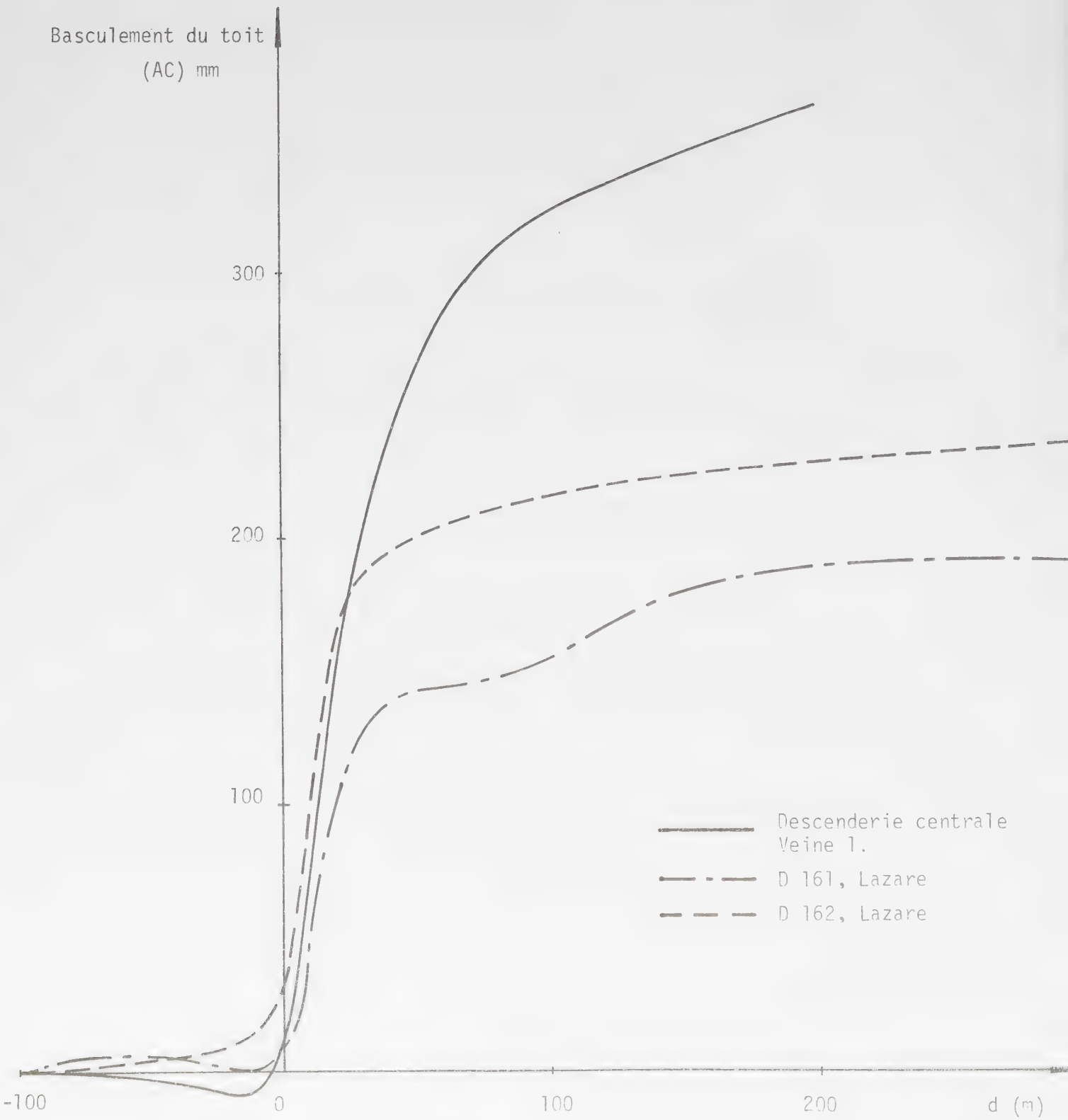
Le toit d'une voie influencée par une première taille qu'elle dessert peut être caractérisé, au cours de l'exploitation par :

- son basculement : le mouvement d'une broche A (côté taille) par rapport à celui d'une broche C (côté massif)
- son affaïssement au milieu de la voie : le mouvement d'une broche B (milieu de la voie) par rapport à celui d'une broche C (côté massif)
- sa flèche : la différence entre le mouvement d'une broche B et la moyenne du mouvement de deux broches A et C.
- sa dégradation (expansion) : le mouvement relatif des points situés à différentes profondeurs dans le toit.

La méthode de mesure de chacun de ces paramètres a été montrée dans le chapitre un (méthode de mesures).

FIG 55

COURBES MOYENNES DE BASCULEMENT DU TOIT



II.4.1 - Basculement du toit

- Basculement du toit : une fois la taille protégée derrière
taille par un appui rigide et large

Nous avons étudié le basculement du toit dans les trois voies suivantes :

- D 161, veine Lazare, HBNPC
- D 162, veine Lazare, HBNPC
- Descenderie centrale, veine 1, La Houve, HBL.

Les deux voies D 161 et D 162 ont été protégées derrière taille par des piles de bois souples, la troisième voie a été traitée après le passage de la taille par un appui rigide et large constitué de deux rangées de piles de bois, la rangée côté voie étant remplie de cailloux, celle côté foudroyé étant serrée dans certaines zones par coussins hydrauliques.

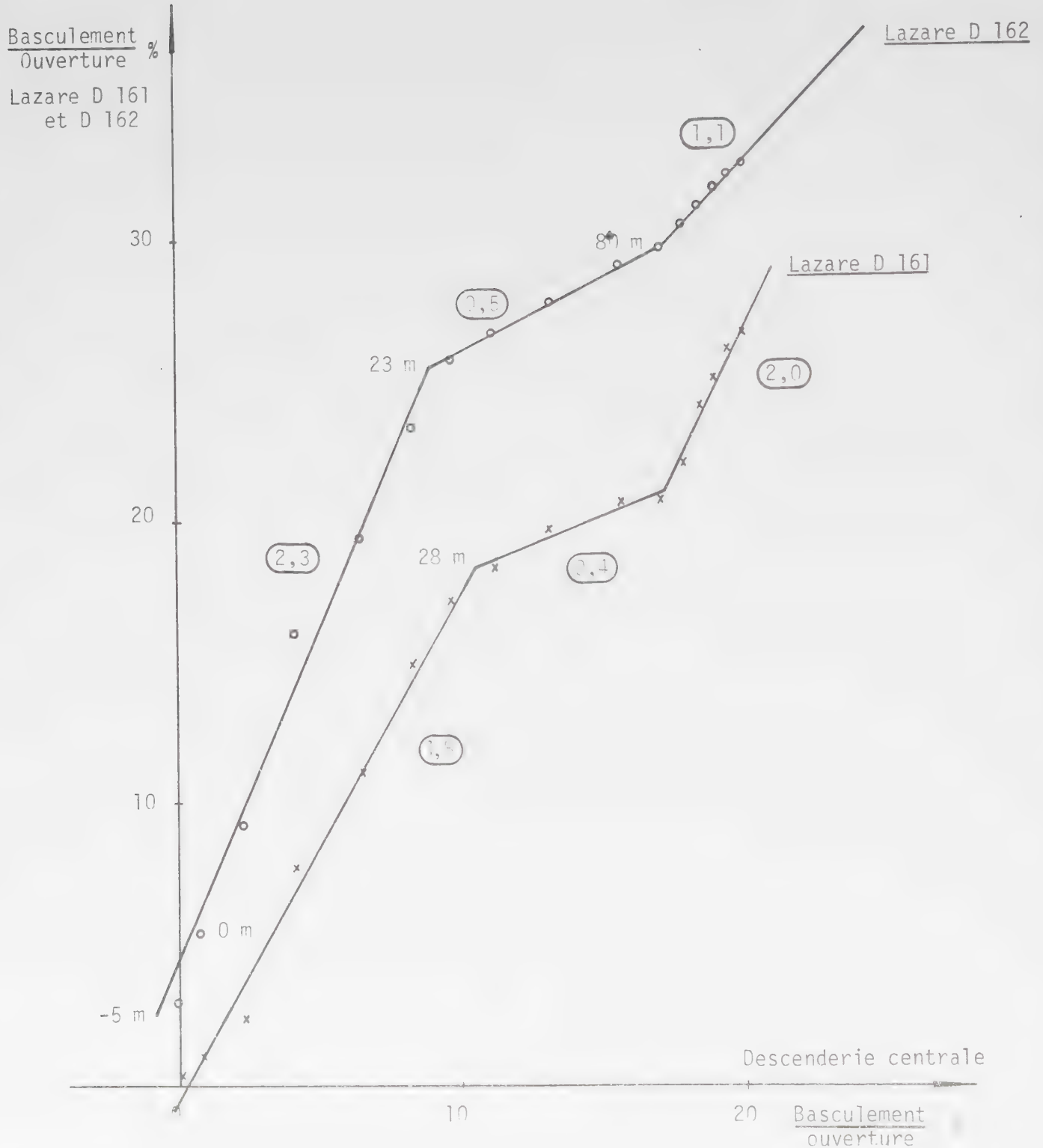
La figure 55 représente les courbes moyennes du basculement dans les trois voies, la figure 56 montre la liaison entre le basculement (rapporté à l'ouverture exploitée) de chacune des deux voies D 161 et D 162 et le basculement de la descenderie centrale.

D'après ces deux figures et le tableau 6, on peut noter que :

- Pendant la phase du passage de la taille (0 à 25 m environ) le basculement (rapporté à l'ouverture exploitée) dans les 3 voies D 161, D 162 et la descenderie est égal à 15,7 %, 20 % et 8,9 % respectivement. Entre 25 et 80 m après le passage de la taille, le basculement dans ces trois voies est respectivement égal à 3,9 % W, 4,1 % W et 7,4 % W. La valeur totale du basculement mesuré entre 0 et 200 m est, proportionnellement à l'ouverture, plus importante dans les deux voies D 161 et D 162 que dans la descenderie centrale mais la plus grande partie de cette différence apparaît essentiellement pendant la phase du passage (0 à 25 m).

FIG 56

ALIGNEMENT ENTRE LES COURBES MOYENNES DU BASCULEMENT DANS CHACUNE
DES DEUX VOIES LAZARE (D 161, D 162) ET LA DESCENDERIE CENTRALE



- Des travaux de remise en section de la descenderie centrale ont été effectués à + 80 m environ

- Dans D 161, on a utilisé un pont de choc sur 5 m environ au passage de la taille

Tableau 6 :

Basculement du toit dans 3 voies, D 161, D 162 de la veine Lazare, HBNPC et la descenderie centrale de la veine 1, HBL.

Chantiers	Ouverture exploitée W (m)	Paramètres				$\frac{I}{II}$	$\frac{I}{IV}$
		I	II	III	IV		
		0 à 25 m	25 m à 80 m	80 m à 200 m	0 à 200 m		
D 161, veine Lazare, 4 Sud, HBNPC	0,70	110	27	41	178	4,07	0,62
D 162, veine Lazare, 4 Sud, HBNPC	0,70	140	29	21	190	4,83	0,74
Descenderie centrale veine 1, La Houve HBL	1,80	160	133	50	343	1,20	0,47
Basculement (AC) % W	D 161 Lazare	15,7	3,9	5,9	25,5		
	D 162 Lazare	20,0	4,1	3,0	27,1		
	Descenderie centrale	8,9	7,4	2,8	19,1		

- Le rapport entre les deux paramètres (0 à 25 m) et (25 à 80 m) du basculement est égal à 4,07 dans la voie D 161, à 4,83 dans D 162 et à 1,20 seulement dans la descenderie centrale.

- Sur l'alignement entre les courbes moyennes du basculement dans chacune des deux voies D 161, D 162 et dans la descenderie centrale, un changement de pente se produit 80 m après passage. Ceci est dû à la remise à section de la descenderie centrale, 70 m environ derrière la taille où on a enlevé le charbon sur 50 cm du côté massif et on rabaisse le mur. L'enlèvement du charbon semble avoir ainsi freiné le basculement en provoquant un accroissement de la vitesse de l'affaissement du toit côté massif.

Cette étude comparative entre le basculement dans les deux voies D 161 et D 162 d'une part et celui dans la descenderie centrale d'autre part, jette quelque lumière sur l'influence de la rigidité des appuis artificiels sur le basculement du toit. En effet, les deux voies D 161 et D 162 ne diffèrent essentiellement de la descenderie centrale que par la rigidité des appuis.

Dans les deux voies D 161 et D 162, les piles de bois montées en bordure de la voie derrière la taille sont trop souples pour pouvoir freiner le basculement du toit pendant la phase du passage de la taille. Le basculement se produit donc brusquement pendant l'enlèvement du charbon et la mise en place des piles de bois. Ce n'est donc qu'à 25 m environ dans la phase d'après passage que le basculement commence à se freiner. Un freinage brusque du basculement peut avoir deux causes ; la plus grande partie du basculement s'est donné au passage de la taille, ou bien les piles se sont consolidées après un certain écrasement et l'entraînement du foudroyage dans les piles, l'ouverture de la veine est de 0,70 m seulement dans le cas de la veine Lazare.

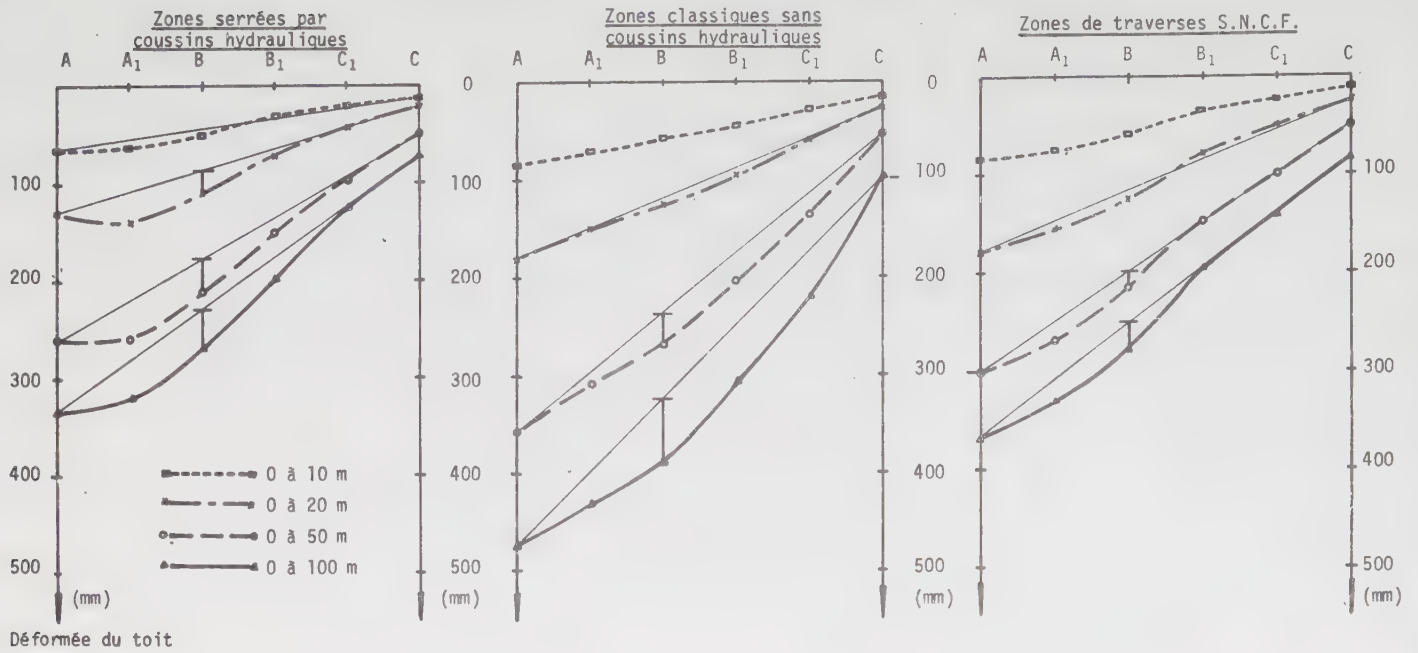
Par contre, dans la descenderie centrale, les piles'ont été assez rigides dès leur construction, elles pouvaient donc s'opposer au basculement du toit pendant la phase du passage. Il en résulte un freinage du basculement au passage de la taille, ce qui a permis une évolution du basculement en fonction de l'éloignement du front de la taille, plus régulière que dans le cas des piles souples dans les deux voies D 161 et D 162.

Ce résultat ne semble pas être en contradiction avec le résultat que l'on peut retirer de la comparaison des deux courbes moyennes du basculement du toit en fonction de la distance au front de la taille dans les deux voies D 161 et D 162.

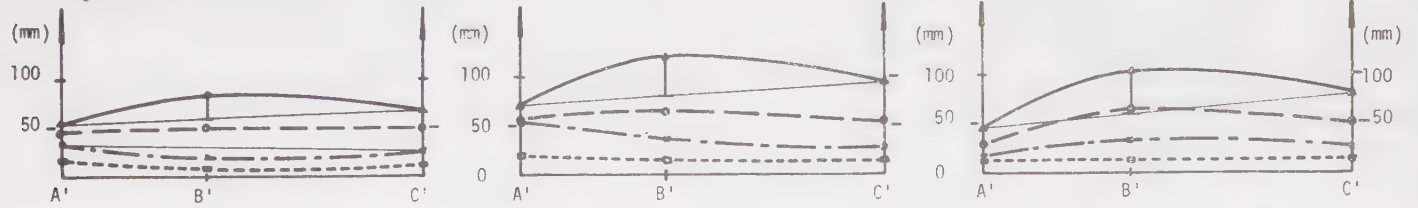
Dans la voie D 161, on a utilisé un pont de choc côté taille sur 5 m au pied de la taille. Ce pont de choc peut être assimilé à un appui rigide monté en bordure de la voie derrière la taille (par exemple, piles serrées par coussins hydrauliques ou remplies de cailloux, comme dans le cas de la descenderie centrale). Le pont de choc a diminué momentanément la vitesse du basculement au passage de la taille (- 10 m à + 10 m) dans la voie D 161 par rapport à celle de la voie D 162 (traitée normalement sans pont de choc), la valeur moyenne du basculement sur cette distance est égale à 55 mm et 102 mm respectivement dans les deux voies, soit une différence de 45 %. La différence entre la valeur totale du basculement mesuré dans les deux voies D 161 et D 162 s'est donnée uniquement au passage de la taille.

. Etude de l'influence de la rigidité des appuis artificiels sur le basculement dans une voie

Un essai a été réalisé dans la descenderie centrale, veine 1, La Houve, HBL, l'objectif de cet essai a été essentiellement l'étude de l'influence de la rigidité des appuis sur les déformations de la voie. On y a mesuré en particulier le basculement du toit. Les modalités de l'essai ont déjà été décrites (chapitre un).



Soufflage du mur



PROFILS DE BASCULEMENT DU TOIT (AC)
DESCENDERIE CENTRALE, VEINE 1, LA HOUE, H.B.L.

FIG 58



Dans les zones où les piles côté foudroyage ont été serrées par coussins hydrauliques, le basculement a une valeur moyenne plus faible que celle des zones où les piles n'ont pas été serrées. La différence est significative sur les paramètres 10 à 50 m, 0 à 50 m et 0 à 100 m, mais elle ne l'est pas pour les paramètres 0 à + 10 m et 50 à 100 m. La valeur moyenne de deux paramètres 0 à 50 m et 0 à 100 m du basculement mesuré dans les zones serrées par coussins hydrauliques est 31 % plus faible que celle dans les zones sans coussins (tableau 7). La figure 57 montre la déformée du toit d'une section transversale de la voie dans les zones traitées par des appuis différents, et la figure 58 donne le profil du basculement du toit le long des différentes zones de l'essai.

L'utilisation de bois plus rigides pour construire les piles a donné à peu près les mêmes résultats que dans le cas précédent (piles côté foudroyage serrées par coussins hydrauliques). Dans des zones où le bois de chêne équari sur deux faces a été remplacé par des traverses SNCF, la valeur moyenne du basculement mesuré entre 0 et 50 m et 0 à 100 m a diminué respectivement de 18 % et 24 %, figure 59 et tableau 7.

II.4.2 - Affaissement du toit milieu de la voie

L'influence de la rigidité des appuis artificiels édifiés en bordure de la voie derrière la taille sur l'affaissement du toit a été étudié par SCHILP [22]. Il a montré que, dans les zones équipées de bois rigides avec boulonnage des parois sous les piles, l'affaissement du toit a été diminué de moitié par rapport aux zones équipées de piles souples sans boulonnage des parements.

Le mouvement relatif de la broche B au toit (milieu de la voie) et celui de la broche C au toit (côté massif) a été mesuré dans les différentes zones étudiées dans la descenderie centrale, veine 1, au siège de la Houve. La comparaison entre les différentes modalités d'appuis du toit (piles serrées par coussins hydrauliques,

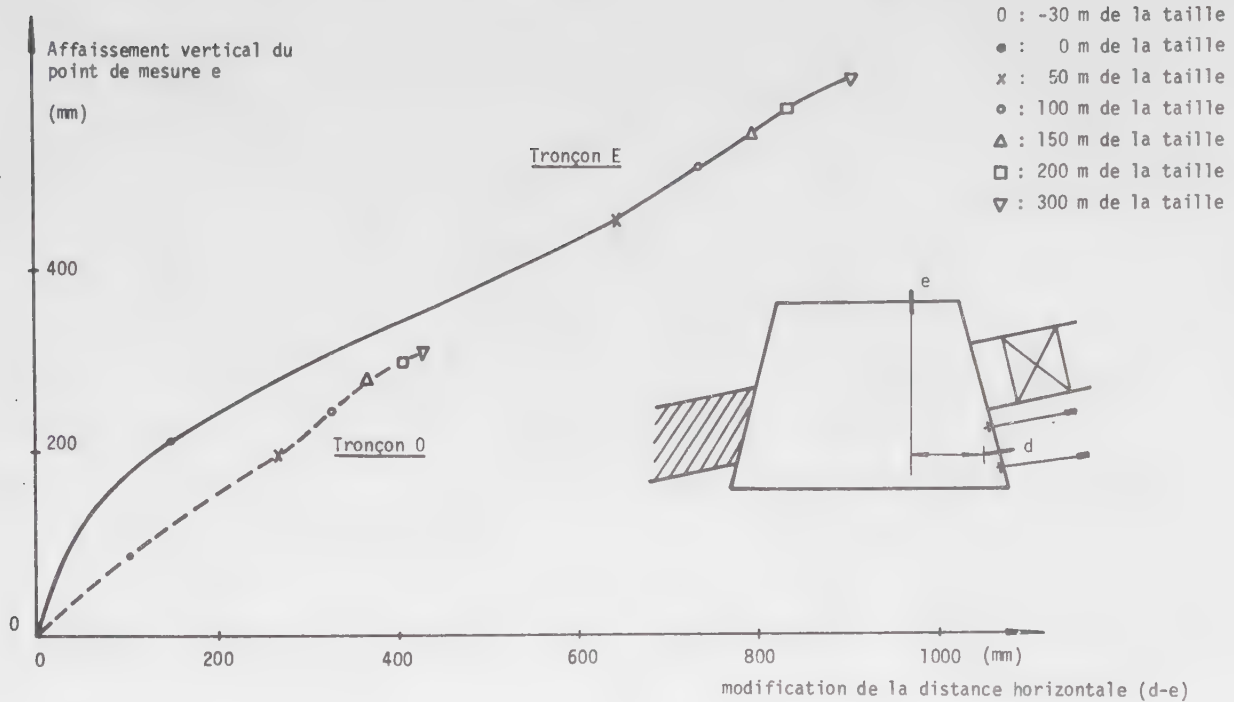
RELATION ENTRE L'AFFAISSEMENT DU TOIT ET LE DEPLACEMENT VERS L'INTERIEUR DE LA GALERIE DE LA PAROI LATÉRALE AMONT DANS LES TRONCONS D'ESSAIS E ET 0.

FIG 59

d'après SCHILP

Tronçon E : piles compressibles sans boulonnage du massif

Tronçon 0 : piles rigides avec boulonnage du massif



PROFIL DE MOUVEMENT DE LA BROCHE B (DANS LE TOIT, MILIEU DE LA VOIE) PAR RAPPORT A CELUI DE LA BROCHE C (DANS LE TOIT, CÔTÉ MASSIF) "BC".
 DESCENDERIE CENTRALE, VEINE 1, Q-18, LA HOUE, H.B.L.

FIG 60

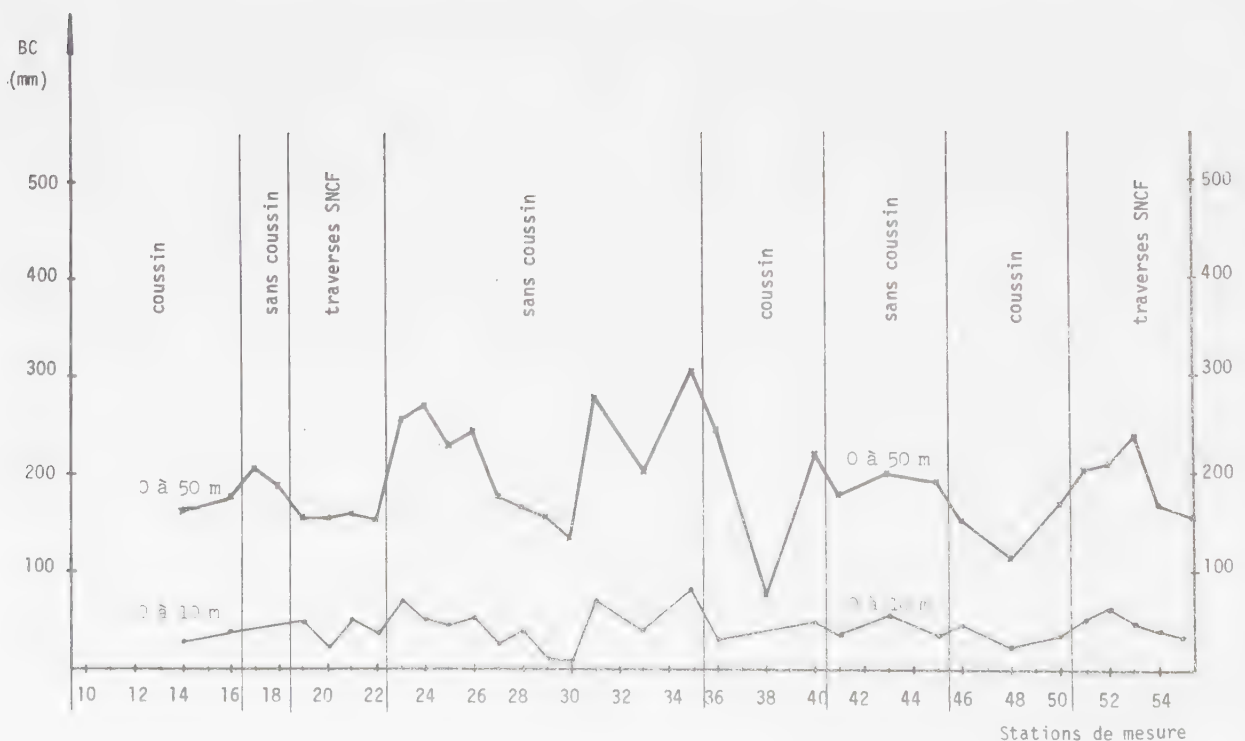


TABLEAU 7 :

Paramètres de déformée du toit. Descenderie centrale, veine 1, La Houve, HBL.

Mode de traitement	Nombre de stations	Moyenne	0 à 10 m					10 à 50 m					0 à 50 m					50 à 100 m					0 à 100 m				
			AC	A ₁ C	BC	B ₁ C	C ₁ C	AC	A ₁ C	BC	B ₁ C	C ₁ C	AC	A ₁ C	BC	B ₁ C	C ₁ C	AC	A ₁ C	BC	B ₁ C	C ₁ C	AC	A ₁ C	BC	B ₁ C	C ₁ C
I	5	m σ	52 11,3	51 9,2	37 5,7	18 6,9	8 3	160 26	157 19,9	124 11,3	85 13,1	35 6,8	209 33,6	208 21,6	161 8	100 12	44 8,7	53 23,1	43 23,7	36 22,1	27 16	13 10,2	262 38,1	250 13,2	197 18,4	127 19,7	56 18,6
II	8	m σ	71 21,2	57 20,6	45 19,5	33 11,6	15 7,4	232 47,6	196 49,6	168 27,8	116 23,9	66 21,1	303 63,7	253 66,3	213 43,3	149 33,4	80 26,6	75 19,6	82 25	80 21,8	63 25,2	47 28,3	378 70,4	335 66,5	293 49	211 49,4	127 451,7
III	4	m σ	72 15,3	61 9,9	46 9,2	23 2,9	11 3,6	176 10,8	156 15,7	123 16,1	73 9	39 11,5	249 21,6	217 22,1	169 23	96 10,8	50 14,2	38 22,8	35 17,9	29 18,6	20 9,6	11 5,9	286 33,4	252 29	198 36,1	116 15,5	61 15,4
II - I II %								31	19,9	26,2	26,7	47	31	17,8	24,4	32,9	45	29,3	47,6	55	57,1	72,3	30,7	25,4	32,8	39,8	53,5
II - III II %								24,1	20,4	26,8	37	40,9	17,8	14,2	20,7	35,6	37,5	49,3	57,3	63,7	68,2	76,6	24,3	24,8	32,4	45	52

Notes :

- I = zones dans lesquelles les piles côté foudroyé sont serrées par coussins hydrauliques
 II = zones dites classiques, les piles ne sont pas mises en serrage
 III = zones dans lesquelles les piles sont constituées de traverses SNCF

pires de chêne et pires de traverses SNCF) nous a montré l'avantage du traitement par appuis rigides.

En valeur moyenne, le mouvement relatif des deux broches B et C a été significativement plus faible dans les zones serrées par coussins hydrauliques que dans les zones classiques (pires de chêne). Le remplacement du chêne par des traverses SNCF a également diminué significativement ce mouvement.

Après le passage de la taille, le déplacement vertical relatif des deux broches B et C est plus faible dans les zones traitées par coussins hydrauliques ou traverses SNCF par rapport aux zones traitées par pires de chêne équarri sur deux faces. L'écart global entre le passage de la taille (0 m) et 100 m derrière le front est de 32 %.

La figure 60 représente les profils des deux paramètres 0 - 10 m et 0 - 50m du mouvement relatif des deux broches B et C le long de la galerie. Le paramètre 0 - 10 m ne montre aucune différence entre les diverses zones. Par contre, plus tard, après le passage de la taille, une différence très nette apparaît entre les zones serrées par coussins hydrauliques et les zones classiques (pires de chêne) à l'avantage des premières. La figure 60 indique d'autre part, que dans ce cas, l'affaissement du toit en son milieu est plus faible dans les zones serrées par coussins hydrauliques ou équipées de traverses SNCF que dans les zones équipées de pires en chêne équarri sur deux faces.

II.4.3 - Déformée du toit (flèche)

Au cours de l'essai effectué dans la descenderie centrale, veine 1, on a mesuré l'affaissement relatif de 6 broches au toit dans une même section transversale de la voie. Ces mesures nous ont permis de construire, sur la figure 57, la déformée du toit et de déterminer sa flèche dans les zones traitées différemment.

La comparaison entre ces zones nous montre que la flèche du toit est plus importante dans les zones classiques (traitées par piles de chêne) que dans les zones traitées par piles serrées par coussins hydrauliques ou équipées de traverses SNCF. La différence n'apparaît qu'après le passage de la taille (*tableau 8*). La valeur moyenne de la flèche du toit calculée entre 50 et 100 m derrière la taille dans les trois zones est successivement 4 mm, 35 mm et 6 mm. La flèche du toit relativement importante (. 35 m) dans les zones classiques par rapport aux autres zones se donne après un fort basculement du toit. Ce basculement peut augmenter l'écrasement des appuis des deux côtés de la voie. Ceci peut se traduire par une augmentation de la largeur virtuelle de la voie, car le point de l'encastrement de la poutre du toit au-dessus du charbon en place est d'autant plus loin du bord de la voie que l'écrasement de cet appui augmente. Le risque de flambage et la flexion du toit deviennent ainsi plus importants.

On constate que pendant la phase du passage de la taille (de 0 à + 20 m), la flèche du toit dans les zones serrées par coussins hydrauliques (21 mm) est plus importante que dans les autres zones (classiques et traverses SNCF). Cette flèche est due au freinage du mouvement de la broche A (située juste à côté des piles) et non pas à un mouvement particulièrement fort de la broche B (milieu de la voie), comme le montre *la figure* :

II.4.4 - Dégradation du toit (expansion)

L'analyse des mesures de l'expansion à 1,80 m et à 2,80 m dans le toit au milieu de la descenderie centrale, veine 1, La Houve, HBL a montré l'avantage du traitement par des appuis rigides. L'expansion mesurée à 1,80 m a à peu près la même valeur dans les différentes zones, mais ces valeurs mesurées après le passage de la taille (- 10 m à 50 m et - 10 m à 100 m) dans les zones traitées par piles serrées au moyen de coussins hydrauliques

TABLEAU 8 :

Flèche de la convergence, du toit et du mur dans différentes zones.

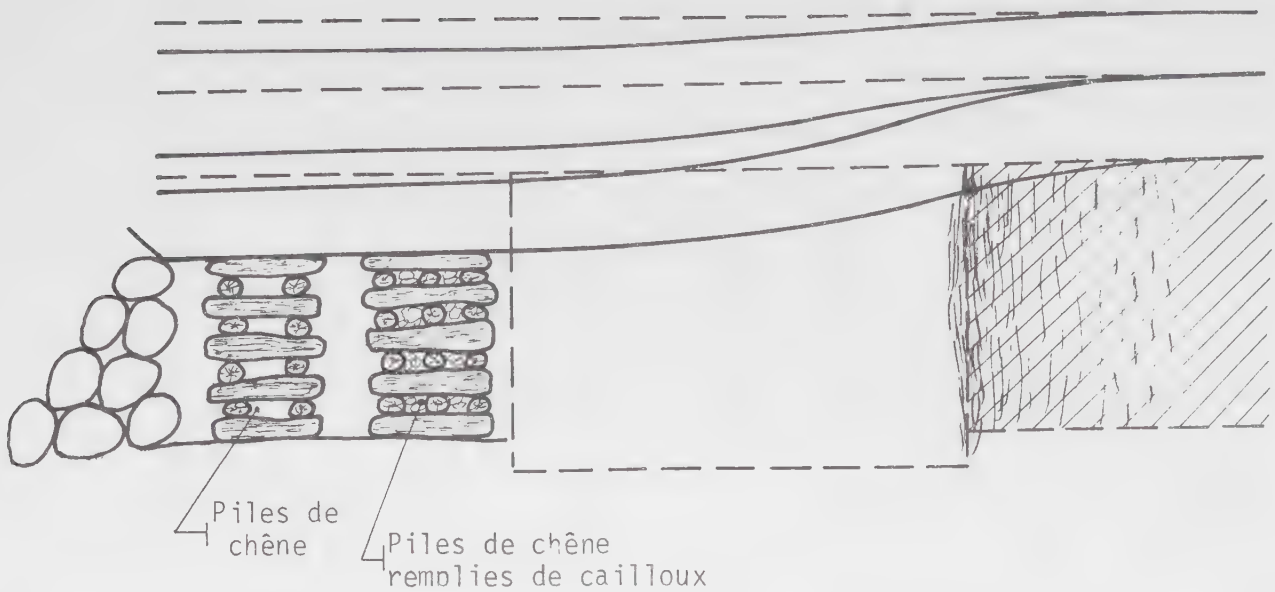
Descenderie centrale, veine 1, La Houve, HBL.

	Type du traitement	Paramètres				
		0 à 10 m	0 à 20 m	0 à 50 m	50 à 100 m	0 à 100 m
Flèche de la convergence	I	- 3	11	37	28	65
	II	1	2	40	69	109
	III	3	22	46	26	72
Flèche du toit	I	6	21	36	4	40
	II	3	8	31	35	66
	III	3	9	20	6	26
Flèche du mur	I	- 9	- 10	1	24	25
	II	- 2	- 6	9	34	43
	III	0	13	26	20	46

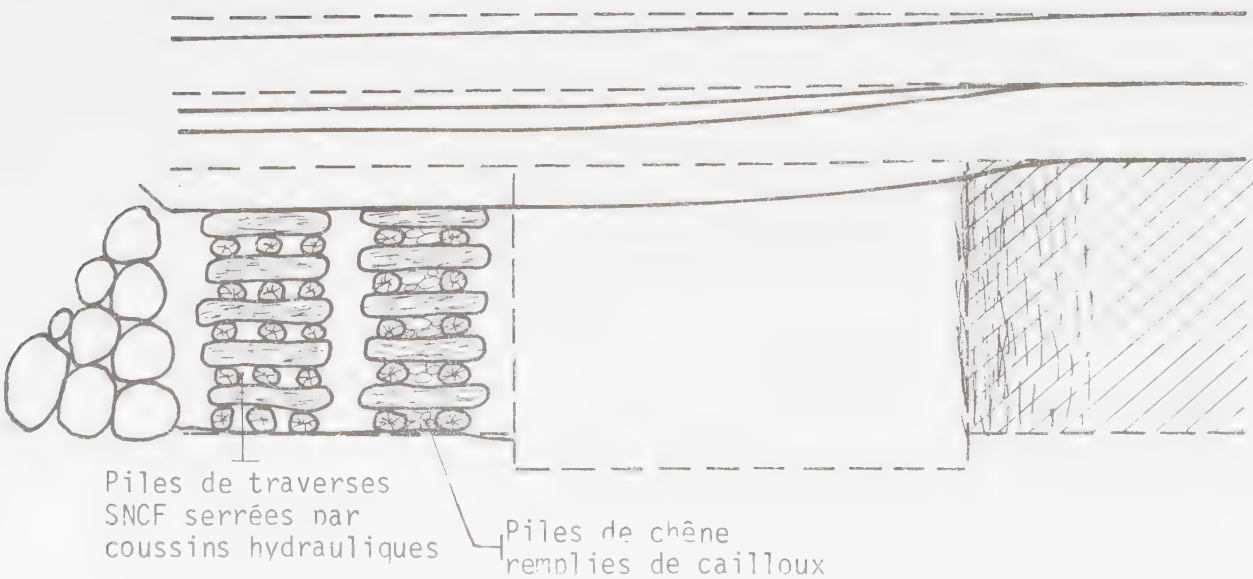
Notes : I = zones traitées par coussins hydrauliques
 II = zones classiques traitées par piles de chêne sans serrage
 III = zones traitées par piles de traverses SNCF

FIG 61

AFFAISSEMENT DU TOIT DERRIERE UNE PREMIERE TAILLE



- a - Zones classiques : piles de bois en chêne sans serrage.



- b - Zones modifiées : serrées par coussins hydrauliques

ont été moins dispersées que dans les zones classiques (traitées par piles de chêne). Par contre, la valeur moyenne de l'expansion mesurée à 2,80 m dans les zones serrées par coussins hydrauliques a été significativement plus faibles que dans les zones classiques. La différence provient essentiellement de l'expansion entre 1,80 m et 2,80 m pendant les premiers 50 m après le passage de la taille (*tableau 9*).

Le remplacement du bois de chêne par des traverses SNCF n'a pas modifié l'expansion à 2,80 m dans le toit, mais il a diminué la dispersion des valeurs de l'expansion mesurée à 1,80 m (*tableau 9*). Il apparaît donc que l'influence de l'amélioration de la qualité du bois n'a pas dépassé les deux premiers mètres dans le toit. Mais il faut noter que la comparaison a été faite sur un petit nombre de points de mesure.

L'étude de l'expansion faite en liaison avec celle de la déformée du toit et de sa stratigraphie peut permettre d'apprécier le comportement général du toit de cette voie. Elle peut également permettre d'apprécier le comportement général du toit de cette voie. Elle peut également permettre d'identifier l'influence de la mise en serrage des piles par coussins hydrauliques.

Le toit de la veine 1 est constitué essentiellement d'alternances de schistes gris et grès avec une passée charbonneuse de 0,35 m d'épaisseur à 1,40 m, ce qui peut faciliter la séparation d'épentes à ce niveau là, et peut expliquer pourquoi le coefficient d'expansion entre 1,80 m et 2,80 m dans cette voie est plus fort que celui de l'expansion mesurée à 1,80 m.

Dans les zones classiques (sans serrage de piles), les piles n'ont pu résister au mouvement du toit qu'après un certain écrasement. Ceci s'est traduit par un décollement important du premier banc du toit, ce qui s'est manifesté par une expansion faible sur 1,80 m d'épaisseur et forte entre 1,80 m et 2,80 m (*figure 61a*). Par contre, la mise en serrage par coussins hydrauliques des piles a pu diminuer la séparation d'épentes, le bas toit, de 1,40 m à 1,75 m d'épaisseur jusqu'à la passée charbonneuse, restant collé au vrai toit avec un peu d'expansion *figure 61b*.

TABEAU 9 :

Paramètres de l'expansion au toit dans différentes zones

Descenderie centrale, Veine 1, La Houve, HBL.

Zones	Nombre de stations	Paramètres	à 1,80 m			à 2,80 m			entre 1,80 et 2,80 m		
			- 10	50	- 10	- 10	50	- 10	- 10	50	- 10
			à 50	à 100	à 100	à 50	à 100	à 100	à 50	à 100	à 100
I	6	m	17	2	19	38	7	45	21	5	26
		σ	5,9		6,4	16,1		18	10,7		12
II	3	m	27	9	36	68	15	83	41	6	47
		σ	21		29,4	14,4		21,7	10		8,8
III	4	m	13	3	16	60	13	73	46	10	56
		σ	8,4		7,9	17,1		22,6	14,3		21,1

Notes :

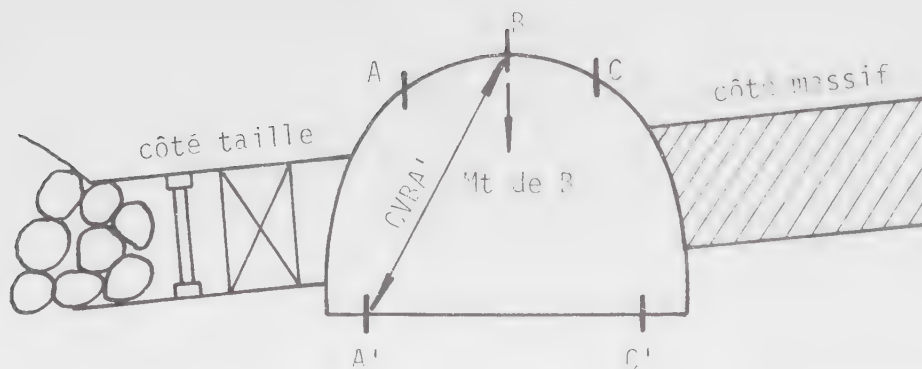
I = zones traitées par coussins hydrauliques

II = zones classiques traitées par piles de chêne sans serrage

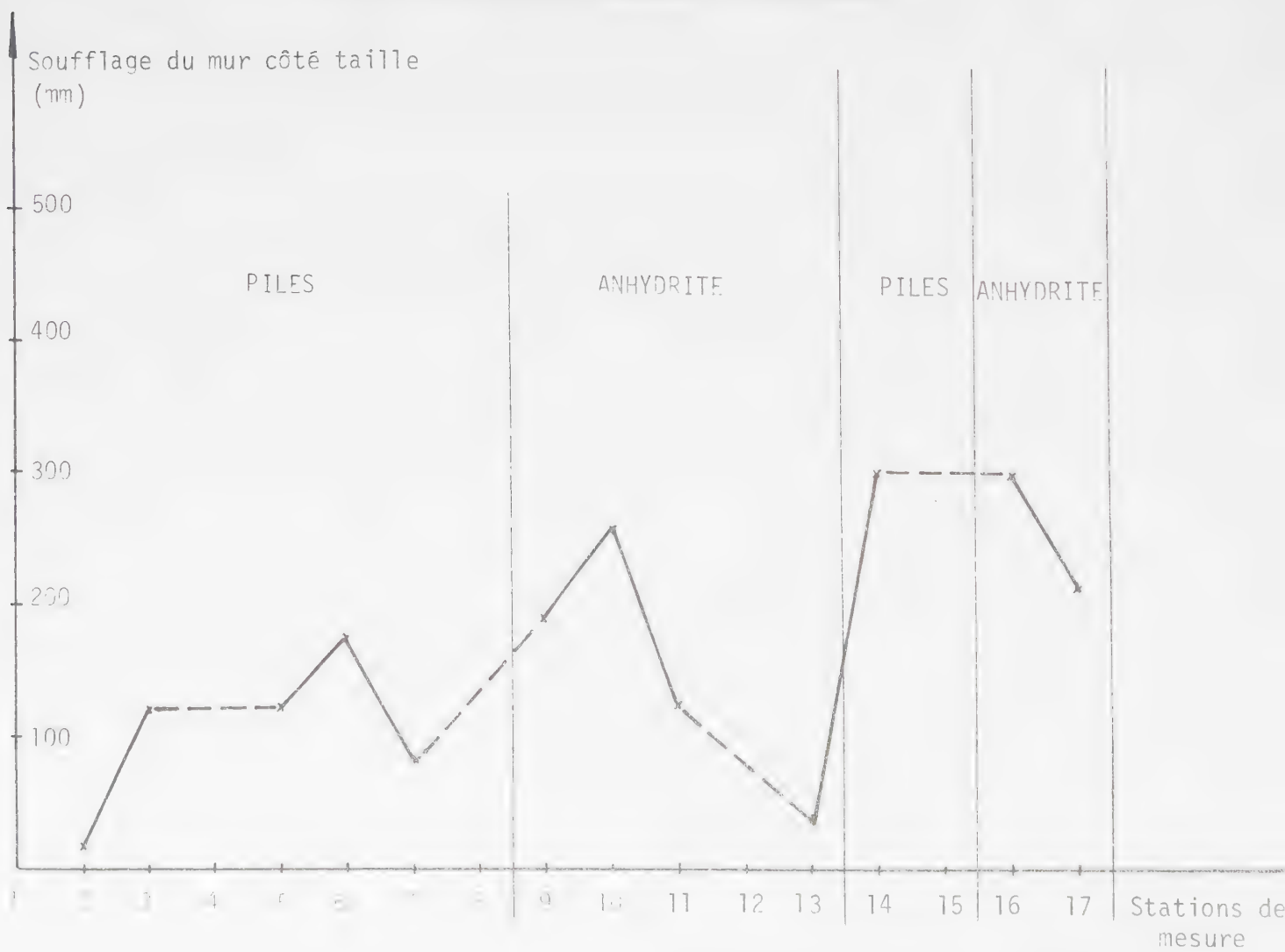
III = zones traitées par piles de traverses SNCF

FIG 62

PROFIL DE SOUFFLAGE DU MUR CÔTÉ TAILLE
ENTRE LE 8.9.1971 ET LE 8.3.1972
GENEVIEVE D 32



$$\text{Mouvement de A'} = CV_{BA'} - \text{Mouvement de B}$$



II.5 - Influence de la rigidité des appuis artificiels sur le soufflage du mur

Le soufflage du mur dépend de plusieurs facteurs dont les plus importants sont :

- les caractéristiques et la nature du mur
- les caractéristiques des appuis du toit.

Il est bien évident que si les bancs du mur sont résistants et peuvent supporter des charges importantes, le mur soufflera moins que si ses épontes avaient été tendres. HAHN ET JACOBI /9/. Mais nous pensons que généralement le facteur le plus important qui peut influencer le soufflage du mur est la résistance relative des appuis du toit et des bancs du mur. Un mur résistant avec un appui rigide en bordure de la voie derrière taille peut souffler autant qu'un mur tendre avec un appui souple. Dans le cas où la résistance des appuis dépasse celle du mur, il y a toujours le risque de surcharger cette éponte, ce qui se traduit par un fort soufflage vers le vide de la voie.

Dans la voie D 32, veine Geneviève, siège 3 Ouest, HBNPC, un essai a été fait pour comparer une dame d'anhydrite et des piles de bois. On a mesuré dans cette galerie, entre autre, la convergence BG (le rapprochement de deux broches, l'une B au toit, milieu de la voie et l'autre G au mur, côté taille, ainsi que le mouvement de la broche B. La combinaison de ces deux mesures a permis, avec une faible précision* de connaître le soufflage du mur côté taille (figure 22).

En comparant les deux premières zones 1 (pilots) et 2 (anhydrite), le soufflage du mur est presque le même entre les deux dates 8.9.1971 et 8.3.1972 (195 mm), figure

* Cette précision relativement faible du calcul du soufflage du mur provient du fait que les mesures du mouvement broche B sont imprécises (± 20 mm) et que les mesures de convergences prises sur les deux broches B et G sont obliques par rapport aux mesures de mouvement absolu du toit prises sur la broche B.

Des essais mécaniques sur des éprouvettes prélevées du mur ont montré que sa résistance est de l'ordre de 650 bars, ce qui est très élevé par rapport à la résistance de l'épi d'anhydrite (200 bars dans les meilleurs prélèvements effectués dans cette voie) et par rapport à celle des piles (au mieux 50 bars).

Le banc du mur est donc assez résistant pour qu'il ne puisse être enfoncé par l'un ou l'autre traitement en bordure de la voie derrière taille.

Un autre essai a été effectué dans la descenderie centrale, veine 1, La Houve, HBL, pour étudier l'influence de la rigidité des appuis sur le comportement de la voie. On a mesuré dans quelques stations les déplacements relatifs de 6 broches au toit et les trois convergences CV_A , CV_B et CV_C . En combinant ces mesures, on a pu moyennant l'hypothèse d'équipartition entre le mouvement du toit et du mur côté massif représenter la déformée du toit et du mur. (Figure 57).

Nous avons donné sur le *tableau 10*, les valeurs moyennes du soufflage du mur calculé dans différentes zones traitées par des appuis de différente rigidité ; on constate qu'il n'y a pas d'influence significative du type du traitement en bordure de cette voie sur ce paramètre. Il nous semble que dans cette voie, comme dans le cas de la voie D 32, Geneviève, le banc du mur * a une résistance élevée par rapport à celle des appuis artificiels qui la bordent. Le soufflage du mur y a donc été relativement faible, sa valeur moyenne la plus importante du paramètre de 0 à 100 m, a été constaté au milieu de la voie dans les zones classiques, elle est égale à 123 mm seulement.

*

TABLEAU 10 :

Valeurs moyennes de différents paramètres de soufflage du mur.

Zones	Nombre de stations	Paramètres	0 à 50 m			50 à 100 m			0 à 100 m		
			A'	B'	C'	A'	B'	C'	A'	B'	C'
I	5	m	47	50	51	7	36	20	54	86	71
		σ	28,2	23,7	5,9	14,8	21,7	5,8	39,4	37,6	5,9
II	8	m	58	66	55	14	58	40	72	123	94
		σ	38,5	56,3	22	30,4	37,8	10,4	43,2	73,5	25,7
III	4	m	28	65	51	18	42	29	46	106	79
		σ	22,9	14	11,1	20,9	33	6,5	25,9	45,7	9,5

Notes :

I = zones traitées par coussins hydrauliques

II = zones classiques traitées par piles de chêne sans serrage

III = zones traitées par piles de traverses SNCF

III - CONCLUSION

L'étude de l'influence du comportement des appuis (naturels et artificiels) sur les déformations des voies de tailles a été faite en liant les paramètres qui caractérisent le comportement des appuis avec les paramètres des déformations des voies, en particulier les convergences et les déformations du toit.

Cette étude a montré que :

En ce qui concerne l'influence de l'appui naturel constitué par le charbon en place, le fluage et l'écrasement du charbon sont sensiblement proportionnels à la convergence côté massif et au basculement du toit. La convergence côté massif et le basculement sont inversement proportionnels au module d'élasticité du charbon.

L'ensemble de ces liaisons montre que le comportement du massif du charbon a une influence sur les déformations des voies de tailles. Le fluage et l'écrasement du charbon sont liés à la dégradation de l'appui qu'il constitue, un écrasement et un fluage importants, entraînent une réduction de la portance de l'appui charbon et donc une augmentation virtuelle de la largeur ouverte de la voie. Ceci peut entraîner de fortes convergences et un basculement du toit important.

En ce qui concerne l'influence des appuis artificiels sur les déformations des voies, on peut dire que les appuis rigides ont permis de réduire la convergence côté taille et le basculement du toit au passage de la taille. Dans une voie (descenderie centrale, veine 1, La Houve), nous avons pu constater que l'augmentation de la rigidité des appuis améliorerait

l'état du toit et avait une influence sur les déformations de la voie jusqu'à 100 m derrière la taille.

On peut noter également que le renforcement des voies par des appuis rigides peut diminuer la dissymétrie des déformations des deux côtés de la voie au passage de la taille.

Il importe de ne pas négliger l'influence de la nature des épontes sur l'intérêt d'appuis rigides dans les voies de tailles. Pour définir cette influence il faut réaliser des essais dans un grand nombre de chantiers dont les épontes sont différentes, ce qui n'a pas encore pu être complètement réalisé.

C H A P I T R E Q U A T R E

I N F L U E N C E D E F A C T E U R S

P L A N

	<u>P A G E</u>
I - <u>ELARGISSEMENT DE LA VOIE (REMISE A SECTION)</u>	84
I.1 - Ecrasement du charbon	
I.2 - Fluage du charbon	
I.3 - Convergences	
I.4 - Conclusion	
II - <u>MISE EN RETARD DE L'APPUI ARTIFICIEL</u>	88
III - <u>CONDITIONS SUS-JACENTES</u>	89
III.1 - Lors du creusement	
III.2 - Pendant la phase d'avant passage de la taille	
III.3 - Conclusion	
IV - <u>RENFORCEMENT DU PAREMENT PAR GRILLAGE ET BOULONNAGE</u>	96
IV.1 - Rôle du garnissage	
IV.2 - Etude expérimentale de l'influence du garnissage sur le comportement du parement et la tenue de la voie	
IV.2.1 - Résultats des essais comparatifs	
IV.2.2 - Influence de l'ouverture	
IV.3 - Conclusion	
V - <u>CONCLUSION</u>	101

CHAPITRE QUATRE

INFLUENCE DE FACTEURS

L'influence de quelques facteurs, naturels et d'exploitation, sur les convergences des voies de taille a fait l'objet d'études antérieures, comme il a été noté dans notre bibliographie.

L'objet de ce chapitre est d'analyser quelques facteurs susceptibles d'influencer non seulement les déformations des voies de taille, mais aussi le comportement des appuis de ces voies.

Nous avons retenu :

- I - Elargissement de la voie (remise à section)*
- II - Mise en retard de l'appui artificiel*
- III - Conditions naturelles*
- IV - Renforcement du parement par grillage et boulonnage*

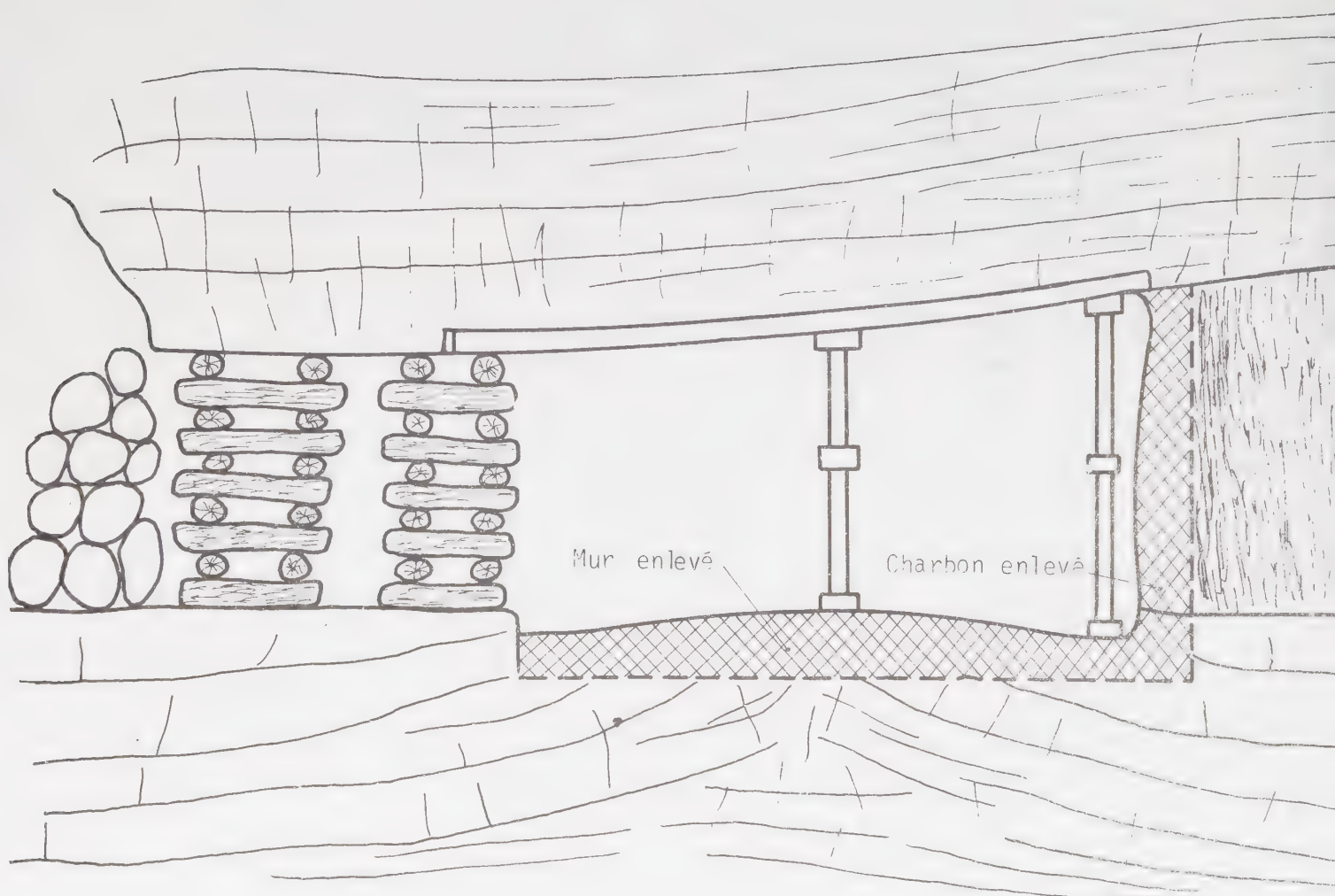
Seuls ces facteurs ont été étudiés parce que ce sont ceux qui ont pu être isolés dans les essais effectués, essais qui avaient pour objectif l'analyse de l'influence d'autres facteurs d'exploitation.

I - ELARGISSEMENT DE LA VOIE (REMISE A SECTION)

Au cours de l'exploitation du charbon de part et d'autre de la voie, de fortes déformations se produisent. La réduction de la section qui en résulte se poursuit un certain temps après le passage de la taille et peut provoquer des problèmes sérieux du point de vue technique et sécurité. On est alors souvent obligé de remettre la voie à section, cela fut en particulier le cas dans la descenderie centrale, veine 1, La Houve, où on a dû procéder

FIG 63

REMISE A SECTION DE LA DESCENDERIE CENTRALE, VEINE 1, LA HOUE, HBL



au rabaissage et à l'enlèvement du charbon sur 50 cm du côté massif, 70 m derrière la taille, comme cela est représenté sur la figure 63.

Après ces travaux, d'importantes modifications de l'évolution des déformations se sont produites dans la voie.

I.1 - Ecrasement du charbon

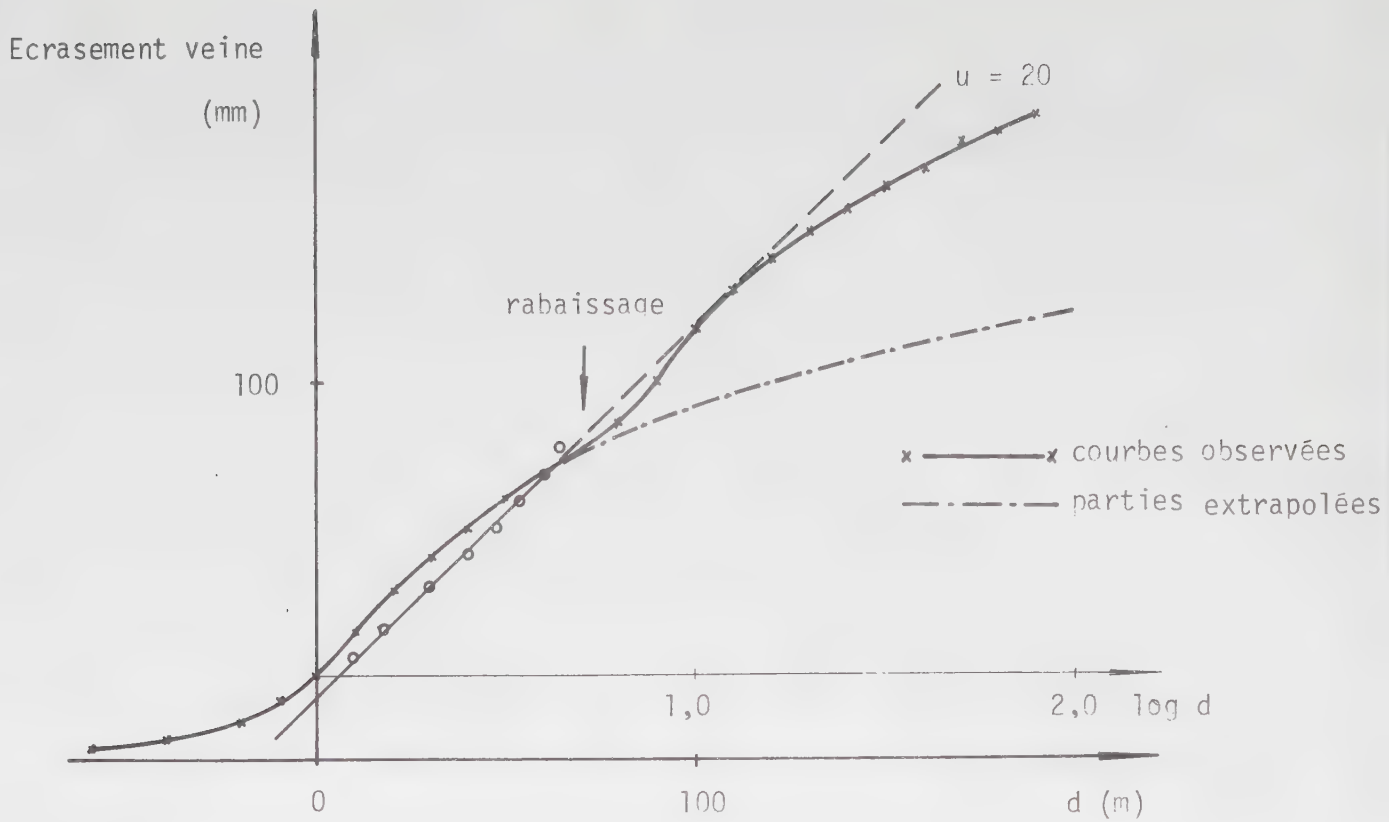
L'élargissement de la voie 70 m derrière la taille a augmenté l'écrasement du charbon, comme le montre la figure 64a. Entre 70 et 190 m, la valeur observée de l'écrasement du charbon (88 mm) a été 2,6 fois plus importante que la valeur (34 mm) extrapolée* sur la même distance à partir des mouvements antérieurs.

L'évolution de l'écrasement après passage en fonction de la distance au front de la taille se produit, comme celle des convergences, selon une loi logarithmique. Cette évolution est telle que pendant la phase d'après passage de la taille, la vitesse de l'écrasement diminue avec l'éloignement du front. Assez loin du front (à une soixantaine de mètres par exemple) la plus grande partie de l'écrasement du charbon s'est déjà produite, le charbon est alors très fissuré sur quelques mètres de profondeur. On peut l'assimiler à un assemblage de blocs jointifs en équilibre sous des contraintes à peu près stabilisées. Le charbon dans cet état est très sensible aux variations des contraintes. Or, l'élargissement de la voie du côté massif peut provoquer une augmentation des contraintes sur ce côté, un déplacement du point d'encastrement du toit vers l'intérieur du massif et une augmentation de la longueur de la poutre du toit. Ceci peut se traduire par une accélération de la descente du toit du côté massif et l'augmentation de la vitesse de l'écrasement du charbon en place.

* Cette valeur a été calculée sur la partie de la courbe, écrasement = f(d), extrapolée au-delà de 70 m au moyen d'ajustement logarithmique. Cet ajustement est très bon pour la partie de la courbe moyenne entre 0 et 10 m.

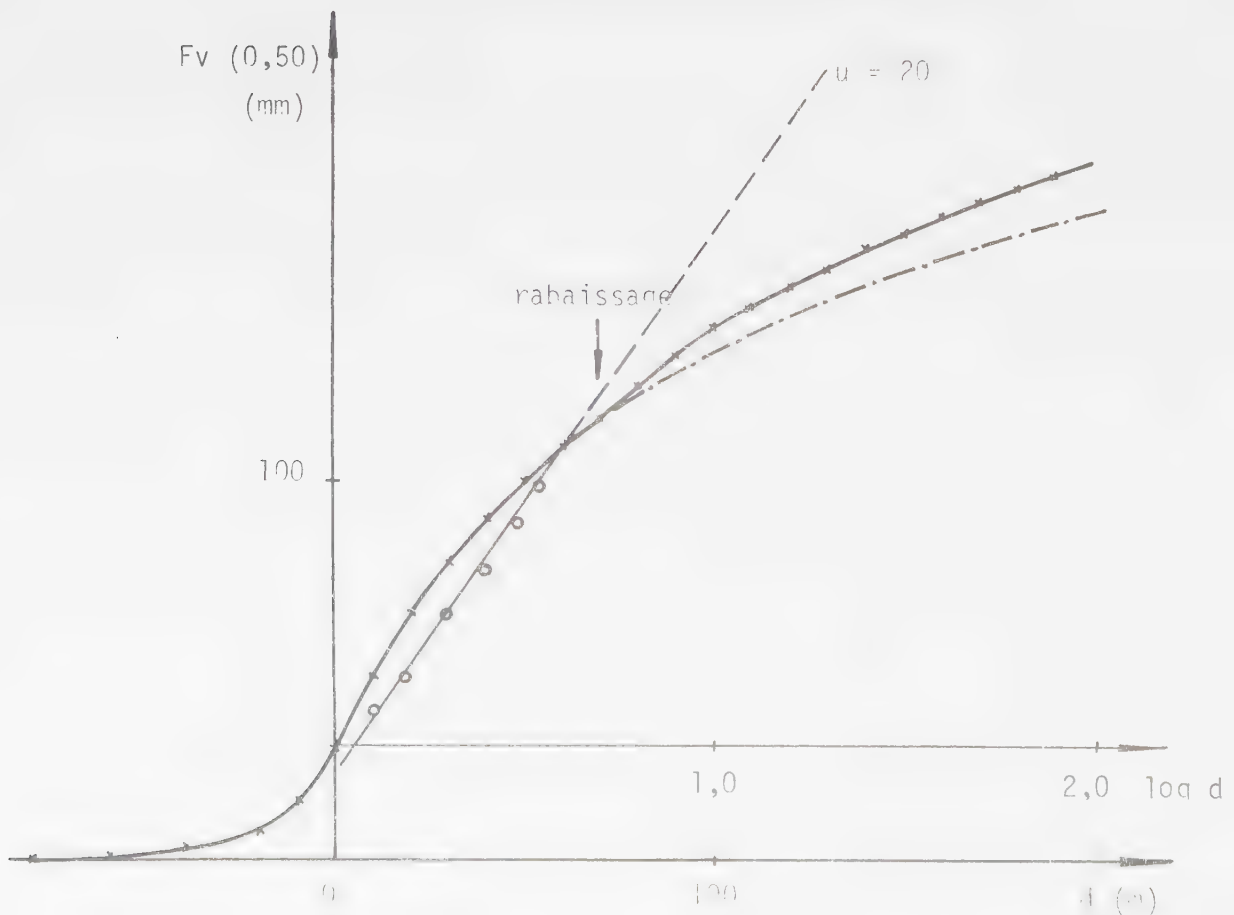
COURBES MOYENNES DE L'ECRASEMENT DU CHARBON
EN FONCTION DE LA DISTANCE AU FRONT DE TAILLE

FIG 64 a



COURBES MOYENNES DU FLUAGE DU CHARBON EN
FONCTION DE LA DISTANCE AU FRONT DE TAILLE

FIG 64 b



1.2 - Fluage du charbon

L'élargissement de la voie au cours de la remise à section n'a qu'une influence très faible sur le fluage du charbon, la différence entre les deux courbes observée et interpolée est négligeable, *figure 84 b*, la valeur moyenne observée après la remise à section de la voie 70 m derrière la taille et jusqu'à 190 m est de 63 mm et la valeur extrapolée sur la même distance est égale à 53 mm.

Il semble donc que le fluage du charbon est beaucoup moins sensible à la variation de la largeur de la voie au cours de l'exploitation que l'écrasement du charbon.

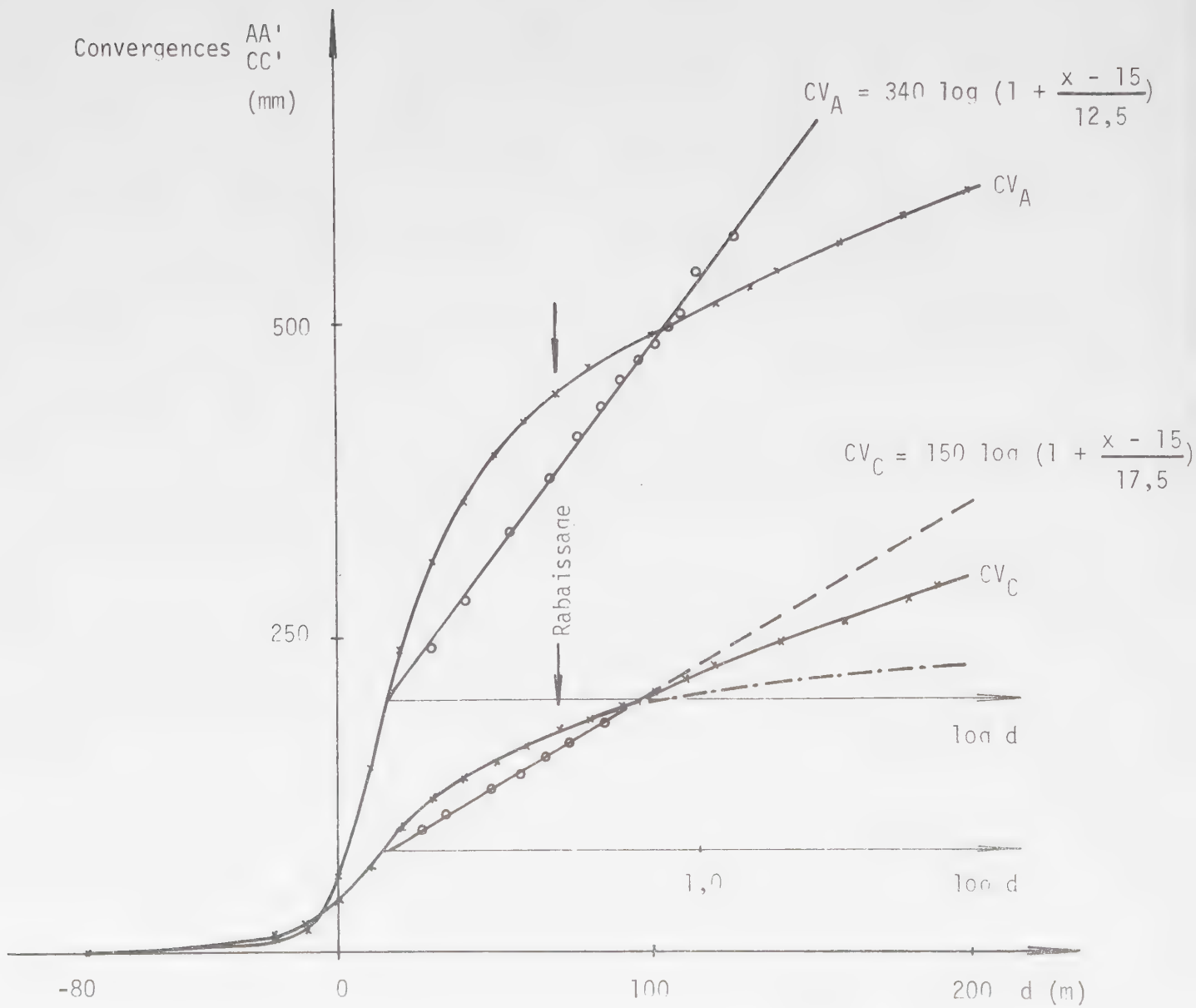
1.3 - Convergence

Nous avons montré que l'élargissement de la voie par l'enlèvement du charbon sur 50 cm du côté massif a augmenté l'écrasement du charbon, mais a eu peu d'influence sur son fluage. Ceci s'est traduit par une augmentation de la vitesse des convergences côté massif. L'élargissement de la galerie n'a pas influencé les convergences côté taille.

La *figure 85* montre les courbes moyennes des convergences côté taille (CV_A) et côté massif (CV_C), l'ajustement logarithmique de la courbe moyenne de CV_A est toujours bon entre 15 m et 200 m derrière la taille. Par contre, pour la courbe moyenne de CV_C , l'ajustement logarithmique n'a été bon qu'entre 15 et 70 m derrière la taille. Au-delà de 70 m (début de l'élargissement de la voie) et jusqu'à 200 m, la convergence observée (125 mm) est 2,4 fois plus importante que la convergence extrapolée (53 mm).

FIG 65

COURBES MOYENNES DES CONVERGENCES COTE TAILLE ET COTE MASSIF EN FONCTION DE LA DISTANCE AU FRONT DE LA TAILLE



x — x Courbes observées
 - - - Parties extrapolées

L'étude de l'affaissement relatif du toit aux deux côtés de la voie a montré que l'augmentation de la convergence côté massif par le fait de l'élargissement de la voie provient seulement du mouvement du toit et non pas du soufflage du mur.

I.4 - Conclusion

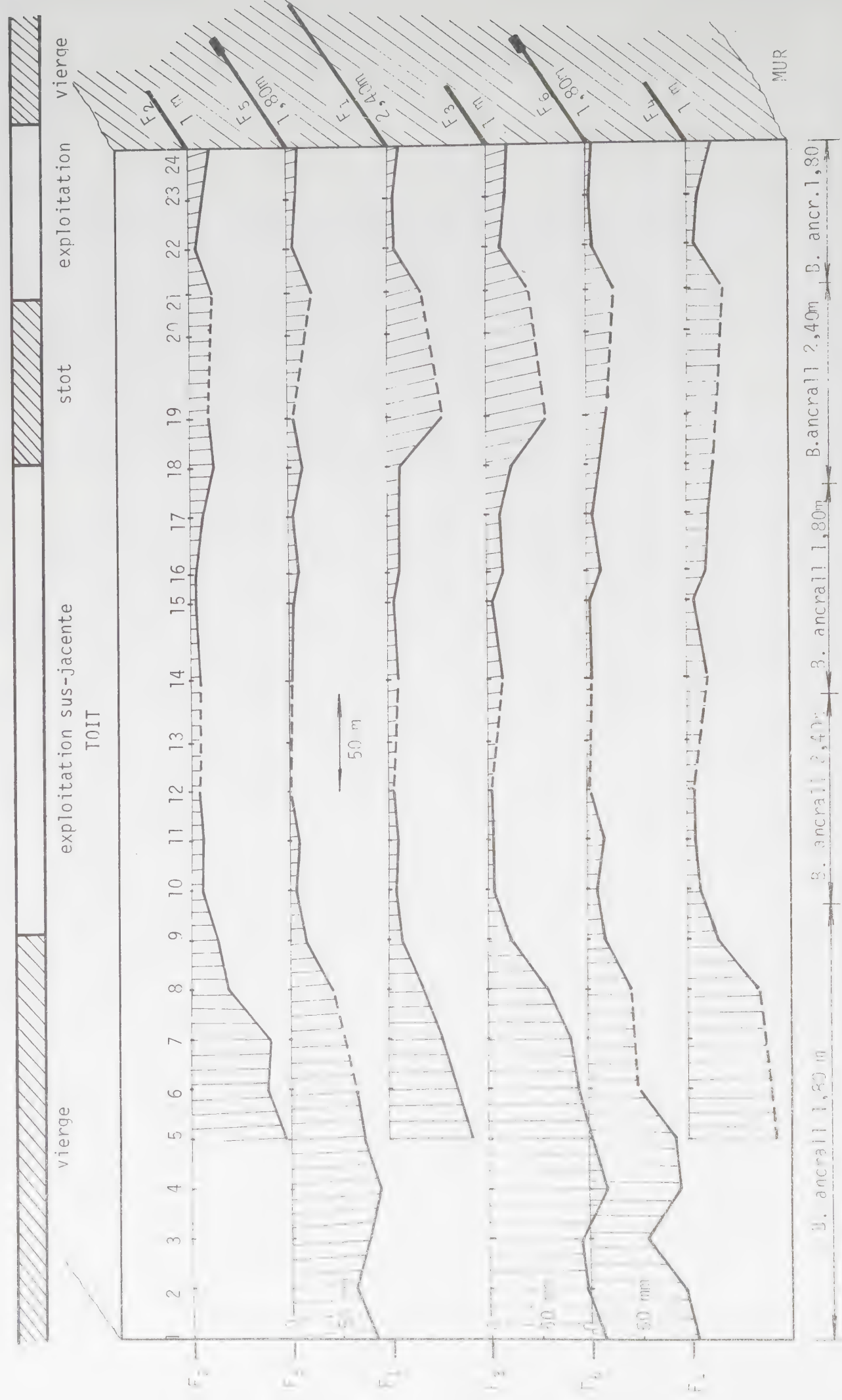
Dans certains cas, il est nécessaire de procéder à un élargissement des voies après le passage de la première taille. A ce moment là, la galerie est très sensible aux variations des contraintes. L'élargissement par l'enlèvement du charbon au côté massif conduit à une augmentation des contraintes sur le charbon en place, il en résulte un accroissement de son écrasement et de la convergence côté massif. Le fluage du charbon ne semble pas être influencé par ce facteur.

II. - MISE EN RETARD DE L'APPUI ARTIFICIEL

La mise en retard de l'appui artificiel a une influence importante sur la convergence côté taille pendant la phase du passage. Ceci a été observé en particulier au cours d'un essai réalisé dans la voie D 32, veine Geneviève, siège 3 ouest, aux HBNPC. L'objectif de cet essai était la comparaison entre deux types d'appuis artificiels sur les déformations de la voie, piles de bois et dame d'anhydrite.

Pendant cet essai, la dame d'anhydrite a été mise en retard (au poste I) dans une zone (zone 2) puis au poste III dans une autre zone d'essai (zone 4) réduisant ainsi le temps de découvert du toit entre le front et le dernier épi. Dans cette voie, la zone 2 est située dans des conditions beaucoup plus favorables du point de vue des exploitations sus-jacentes que la zone 4. Ceci s'est traduit par des convergences AA' avant passage et finales qui sont successivement 4 et 1,6 fois plus importantes en zone 4 qu'en zone 2. Mais au passage de la taille entre 0 et 10 m derrière le front, contrairement à ce qu'on aurait pu attendre, la convergence moyenne côté taille a été légèrement plus importante en zone 2 qu'en zone 4 : sa valeur moyenne a été respectivement 192 mm et 173 mm (*tableau suivant*). Ce comportement défavorable de la zone 2 au passage de la taille ne peut s'expliquer que par l'influence de la mise en retard de la dame d'anhydrite.

Zones	Nbre de Stations		Convergence côté taille CVA en mm			
			- 20 à 0 m	0 à 10 m	10 à 100m	-20 à 100m
2	4	m	67 9	192 83,4	212 71,9	271 138,1
4	2	m	277 110,5	173 70	250 78	215 89



II - CONCLUSION GÉNÉRALE

Nous n'avons pu étudier l'influence des conditions sus-jacentes (zone non exploitée, stot et zone exploitée) sur le fluage du charbon que lors du creusement des voies et pendant la phase d'avant passage des tailles. L'étude de l'influence de ce facteur sur le fluage pendant la phase du passage et d'après passage de la taille est certainement importante, mais les conditions des essais, dans lesquelles ce facteur a été étudié, n'ont pas permis de poursuivre cette étude pendant ces deux dernières phases.

III - LES CONCLUSIONS

La figure 66 représente les profils des fluages mesurés au cours des 150 jours suivant le 2ème jour après le creusement aux différentes profondeurs (1 m, 1,80 et 2,40 m) le long de la voie D 311, grande veine, 24 Nord, HBNPC.

Le fluage mesuré au-dessous des zones déjà exploitées au-dessus est nettement plus faible que celui mesuré ailleurs. En valeur moyenne, la différence représente 85 % environ (tableau 11). En zone sous exploitée, le fluage est également moins dispersé qu'ailleurs.

Sous le stot, nos mesures sont plus imprécises, mais l'allure des profils dans cette zone est caractérisée par une amplitude plus forte qu'au-dessous des zones exploitées.

En étudiant l'influence des conditions sus-jacentes sur l'évolution du fluage en fonction du temps, nous avons constaté que pendant le creusement, le fluage mesuré au-dessous de massifs non exploités s'amortit moins vite que le fluage mesuré au-dessous des zones exploitées, (figure 67). Cette figure montre que le fluage dans ces dernières zones est complètement stabilisé deux semaines après le creusement, tandis que sous les massifs vierges, le fluage, assez fort dès le début du creusement, continue à évoluer avec le temps.

FIG 67

COURBES MOYENNES DU $F_v = f(t)$ LORS DU CREUSEMENT
VOIE D 311, GRANDE VEINE, 24 NORD, H.B.N.P.C.

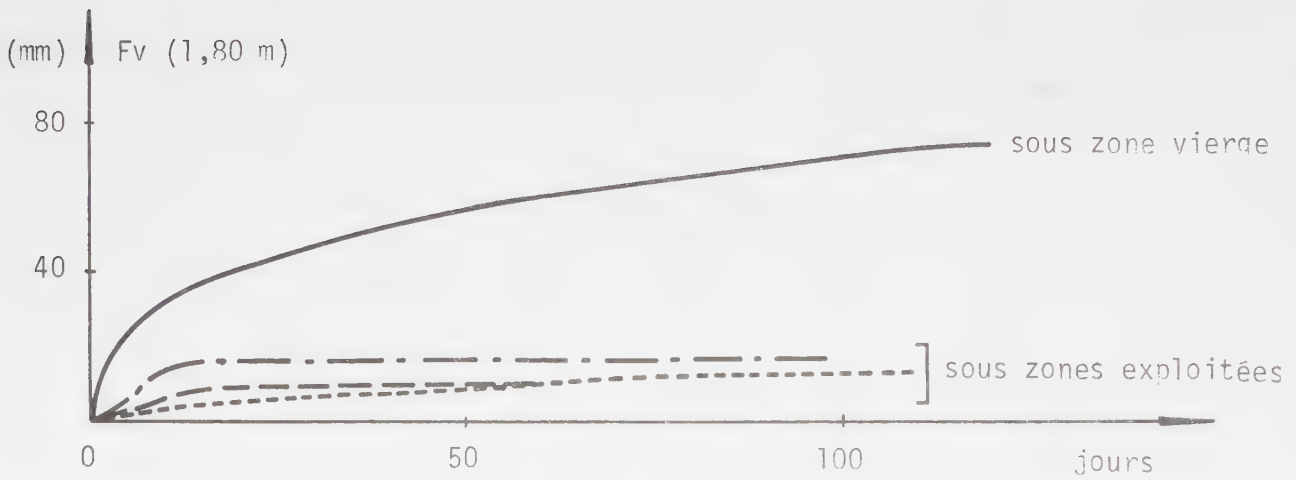
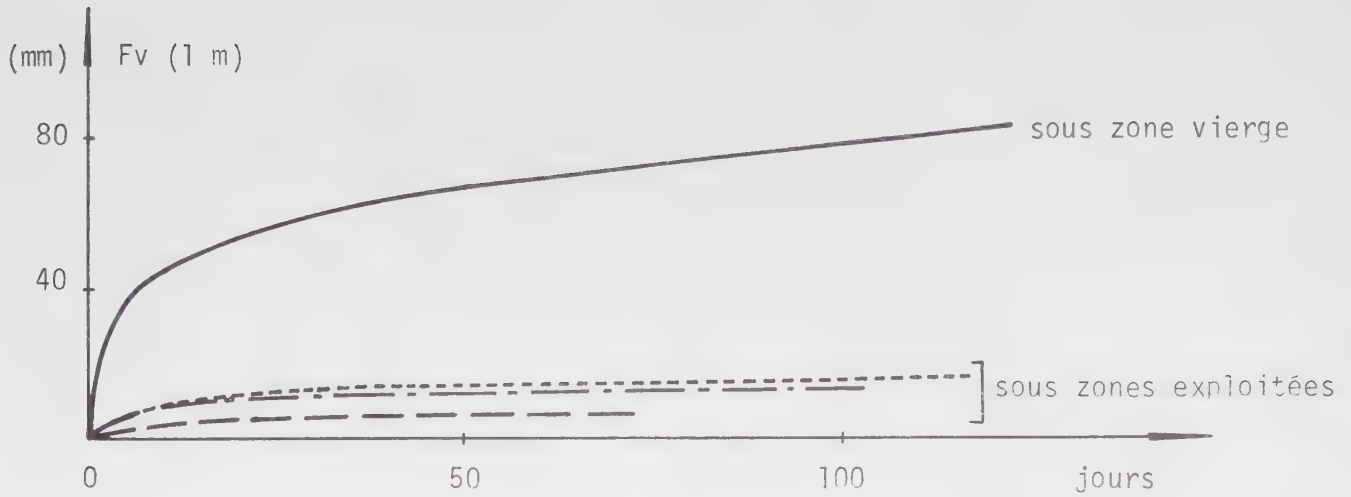


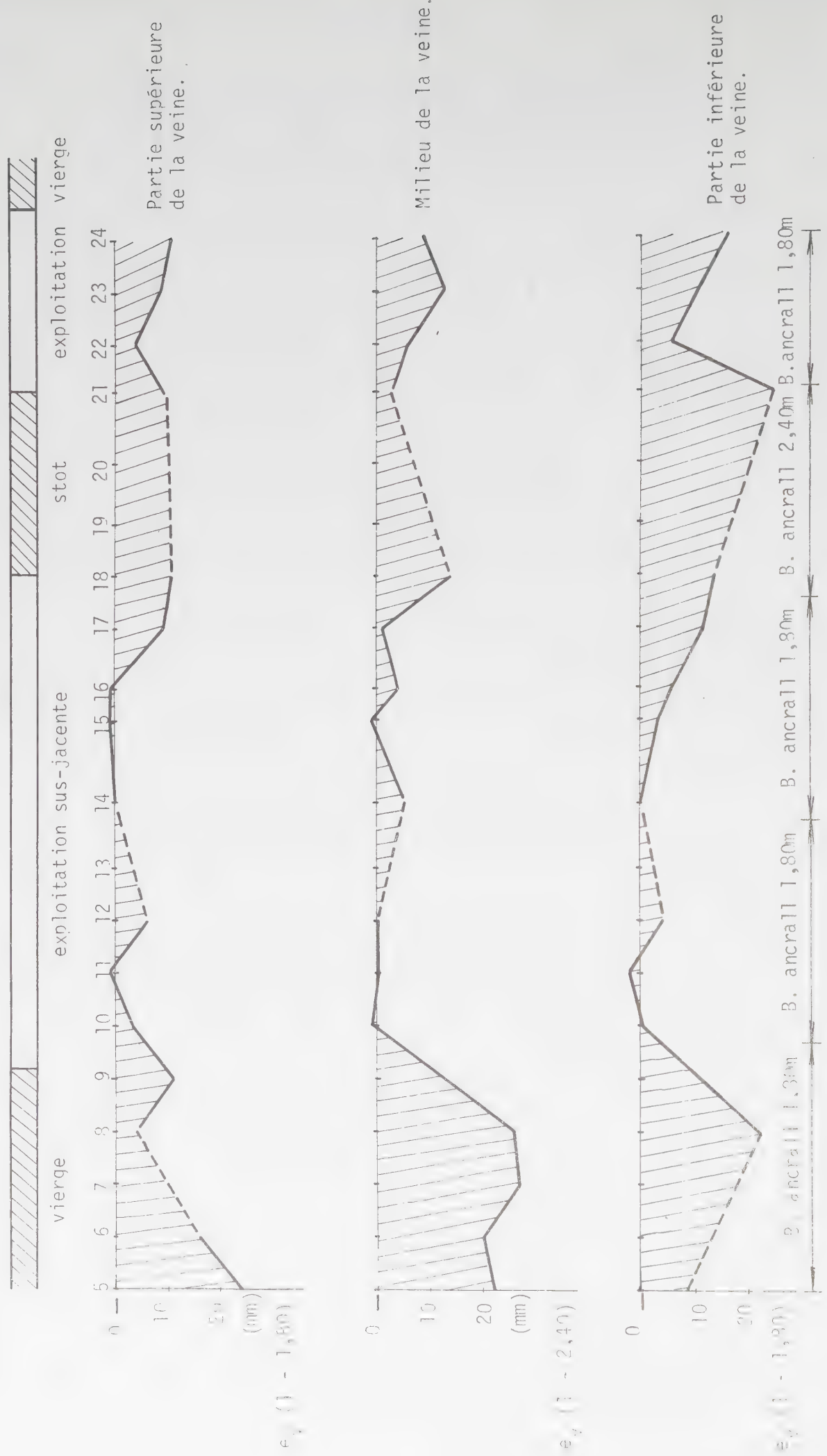
TABLEAU 11 :

Fluag  moyen du charbon (F_v) du 2 me au 152 me jour après le creusement, au-dessous des zones exploitées par rapport   celui au-dessous d'une zone non exploit e de la veine Michelle.

Traitement du parement	Exploitation sus-jacente	Stations	Moyenne	$F_v \quad \frac{\text{côté G} + \text{côté D}}{2} \quad \text{mm}$					
				F_1 2,40	F_2 1 m	F_3 1 m	F_4 1 m	F_5 1,80	F_6 1,80
Boulons Ancral de 1,80 m	Zone exploit�e	14 � 17 et 22, 23	m	8	8	13	13	5	4
			n	6,18	5,93	8,95	12,42	3,56	3,78
			n	12	12	12	11	10	10
	Zone non exploit�e	5 � 9	m	50	65	71	59	50	48
			n	27,72	26,4	30,88	26,44	27,52	31,37
Rapport $\frac{F_v \text{ en zone sous exploitation}}{F_v \text{ en zone sous non exploit�e}} \%$				16	13	18	22	12	9

PROFILS D'EXPANSIONS DANS LE CHARBON LE LONG DE LA VOIE
D 311 ENTRE LE 2ème ET LE 152ème JOUR APRES LE CREUSEMENT

FIG 68



L'étude de l'expansion dans le charbon dans la voie D 311 a montré une influence nette des conditions sus-jacentes sur ce paramètre. La figure 68 représente 3 profils d'expansion dans le charbon le long de la voie. Ce sont :

- l'expansion entre 1 m et 2,40 m de profondeur mesurée au milieu de la veine

- l'expansion entre 1 m et 1,80 m mesurée dans la partie supérieure de la veine

- l'expansion entre 1 m et 1,80 m mesurée dans la partie inférieure de la veine.

- L'expansion dans le charbon est nettement plus faible au-dessous des zones déjà exploitées que celle mesurée au-dessous de massifs vierges (tableau 12).

L'expansion entre 1 m et 1,80 m au-dessous des zones exploitées ne représente que 41 % de celle au-dessous des zones non exploitées, et la réduction est encore plus spectaculaire pour l'expansion entre 1 m et 2,40 m : 26 % seulement. Ce tableau montre également que l'expansion continue de se donner entre 1,80 m et 2,40 m au-dessous des zones non exploitées, tandis qu'elle est pratiquement nulle au-dessous des zones déjà exploitées : toute l'expansion, normalement faible, provient alors du charbon situé entre 1 m et 1,80 m de profondeur.

III. - Caractéristiques des zones exploitées

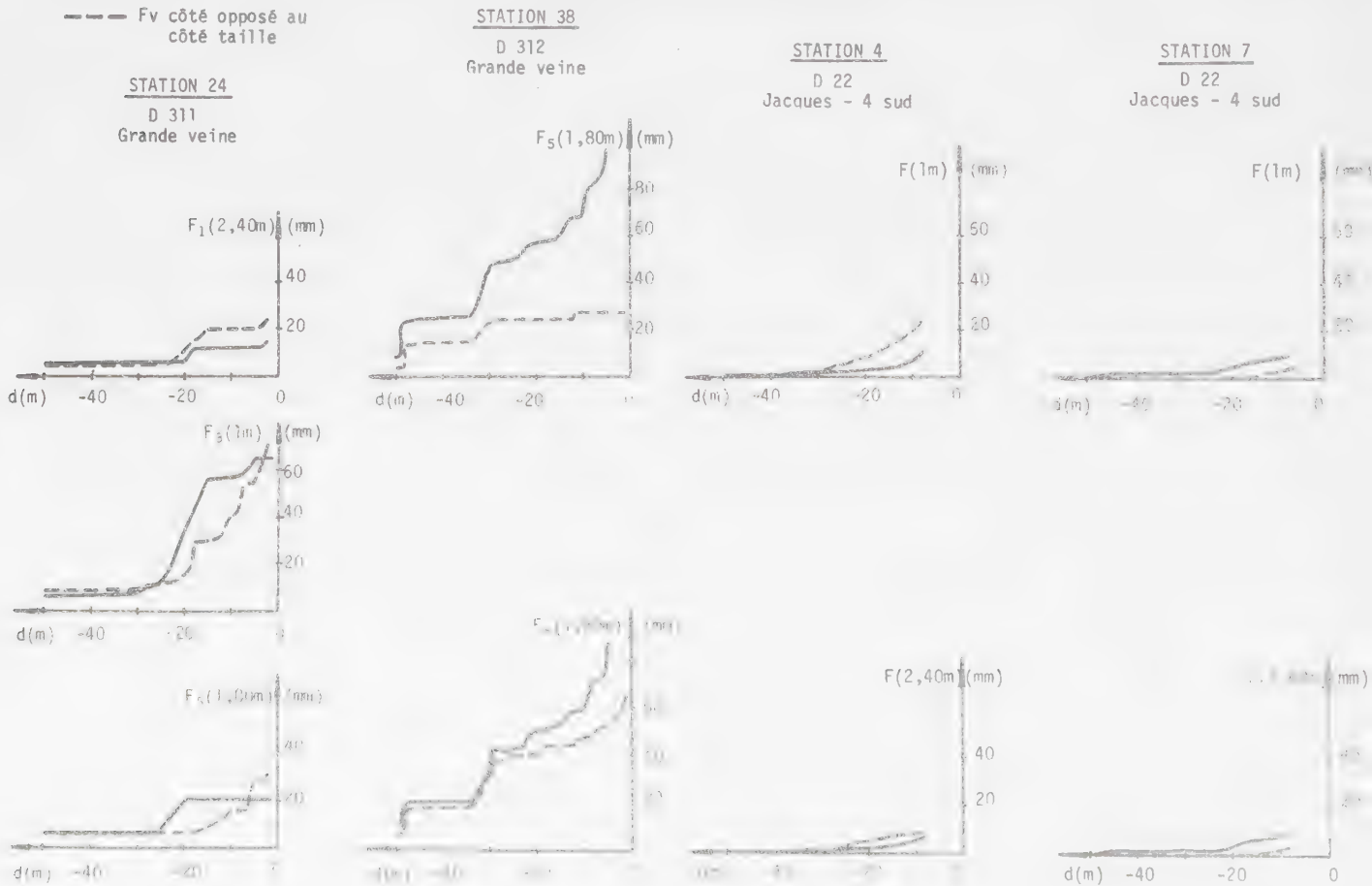
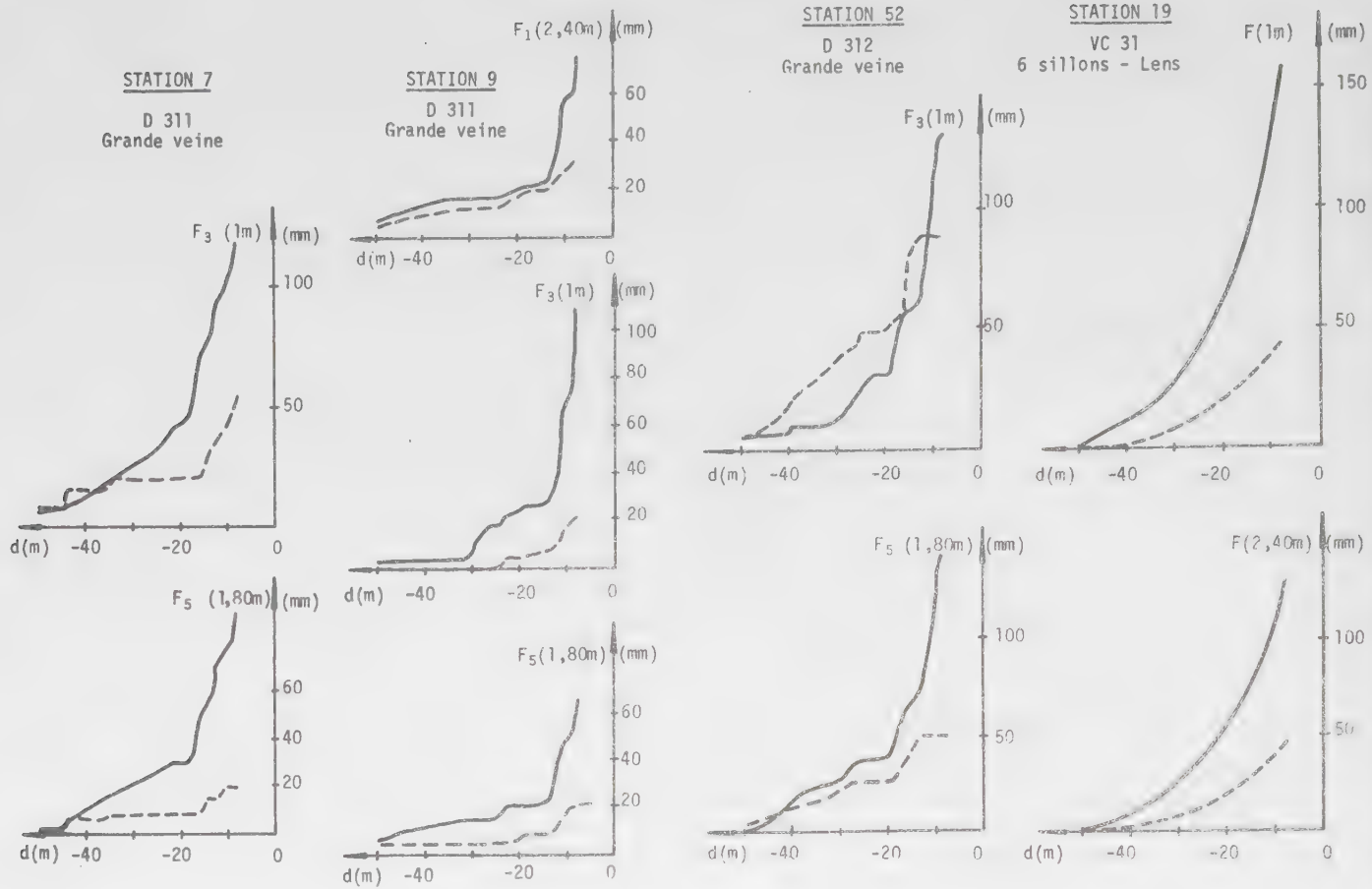
Avant le passage d'une première taille, le charbon existe des deux côtés de la voie. Les mesures de fluage séparé nous ont permis d'étudier l'évolution du fluage de chaque côté en fonction du rapprochement de la taille. Ces mesures ont été effectuées dans les galeries :

- D 311
- D 312 Grande Veine, siège 24 Nord, HBNPC
- VC 31 veine 6 Sillons, 7 Liévins, HBNPC
- D 22 veine Jacques, HBNPC

TABLEAU 12 :

Expansion moyenne du charbon au-dessous de zones exploitées par rapport à celle au-dessous d'une zone non exploitée, Voie D 311, Grande Veine, 24 Nord, HBNPC.

Traitement du parement	Conditions sus-jacentes	Stations	Expansion du 2ème au 152è jour après le creusement					
			entre 1 m et 1,80 m			entre 1,80 m et 2,40 m		
Boulons Ancral de 1,80 m	Zone exploitée	14 à 17 et 22, 23	moy. (mm)	écart	n	moy. (mm)	écart	n
			5,8	7,2	20	5,5	7,94	12
	Zone non exploitée	5 à 9	14	8,59	12	21	9,19	9
	Sous exploitée Sous non exploitée		41	-	-	26	-	-



Au-dessus des voies D 311 et D 312 il y a la veine Michelle à 45 m qui a été partiellement exploitée. Quelques parties de ces deux voies sont situées donc au-dessous de zones exploitées, d'autres au-dessous de massifs vierges ou de stots.

La voie VC 31 est également influencée par une limite d'exploitation en veine Marthe à 45 m au toit. La voie est parallèle à cette limite d'exploitation à 15 m de son aplomb du côté exploité.

La voie D 22 est située sous une zone complètement exploitée dans la veine Geneviève à 90 m au toit.

Dans ces conditions d'exploitation sus-jacente, nous avons essayé d'analyser les mouvements horizontaux (fluages) du charbon de chaque côté de ces voies pendant la phase d'avant passage des premières tailles qu'elles desservent.

- Au-dessous des zones non exploitées ou des stots

La vitesse du fluage augmente rapidement avec le rapprochement du front de la taille. L'influence du front commence à se faire sentir 50 m avant le passage et devient très forte quand la taille arrive à une vingtaine de mètres de la station. Elle est toujours plus importante côté taille que côté massif.

Comme le montre les figures 69 et 71 c, il y a une différence remarquable entre le fluage du charbon côté taille et celui du côté opposé.

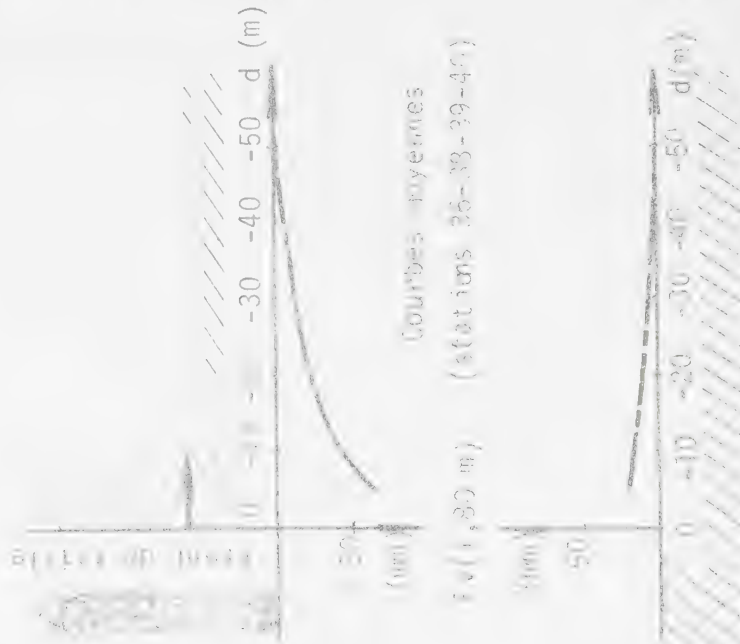
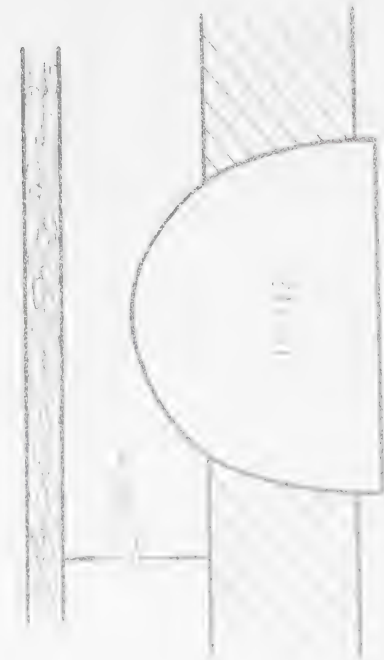
Dans la voie D 311 le rapport entre la valeur moyenne du fluage mesuré entre - 20 m et - 8 m côté massif

* Il est très intéressant de suivre l'évolution du fluage du charbon côté taille jusqu'au passage de la taille (c'est-à-dire jusqu'à $d = 0$), mais malheureusement ces mesures s'arrêtent normalement quelques mètres en avant du front de la taille à cause des différents travaux préparatoires qui précèdent le front (niche, dépôt de matériel etc... d'une part et la fissuration et le délavage du charbon sur quelques mètres avant le front d'autre part. Les broches de mesures côté taille ne peuvent pas se tenir en place jusqu'au passage de la tai...

FIG 71

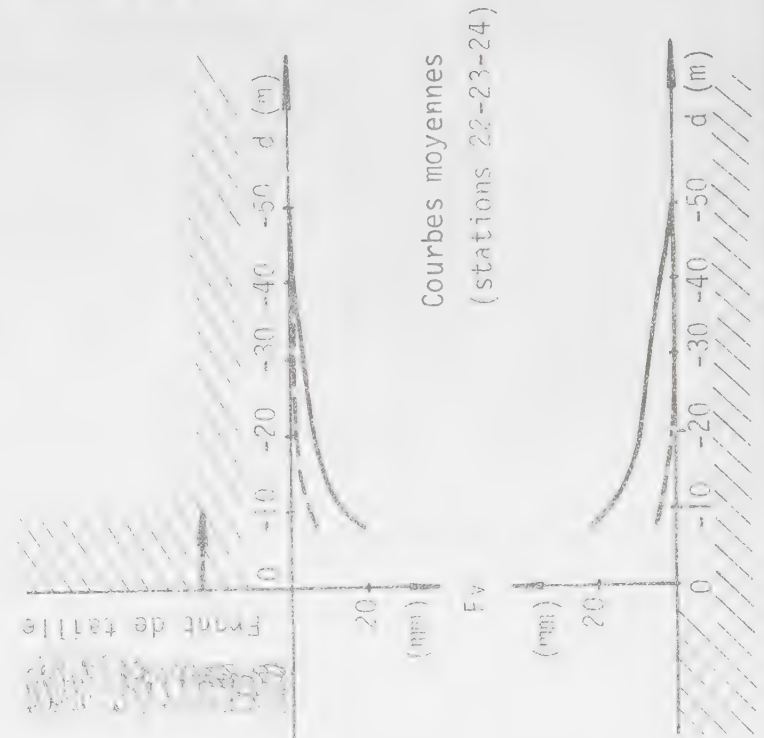
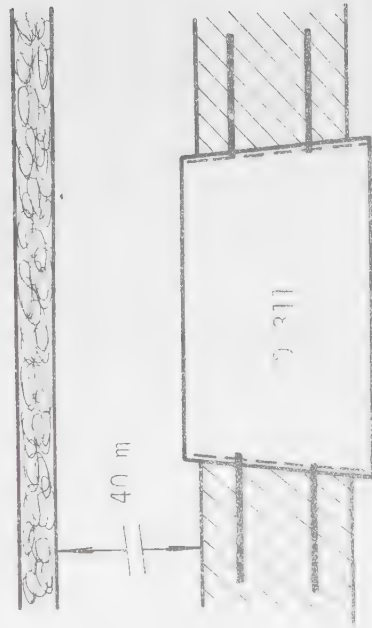
- a -

Veine sus-jacente exploitée



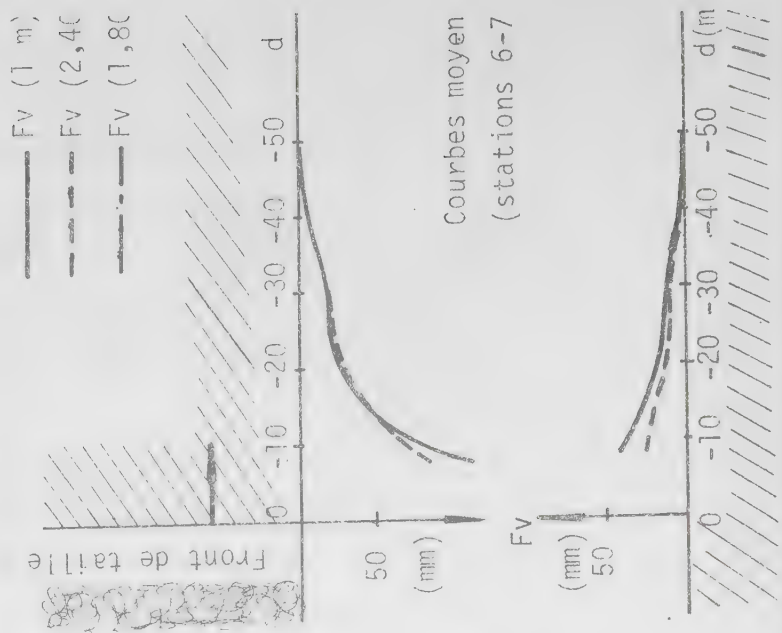
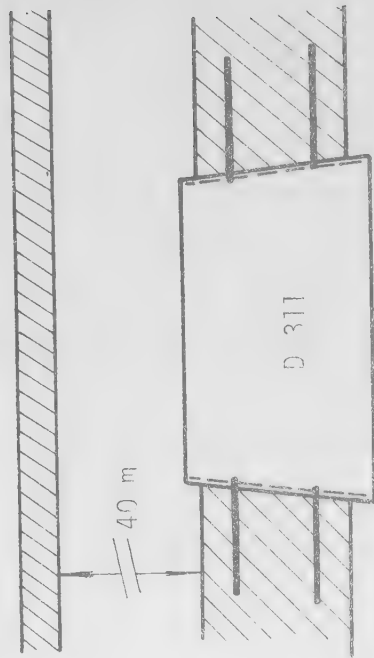
- b -

Veine sus-jacente exploitée



- c -

Veine sus-jacente non exploitée



et celle du fluage mesuré côté taille est égale à 20 mm/85 mm soit 24 %. Dans la voie VC 31 ce rapport est égal à 23,5 mm/63 mm soit 37 %.

- Au-dessous des zones exploitées

Il apparaît que le fait que l'on soit situé sous une zone déjà exploitée influence favorablement le fluage mesuré en avant du front de taille.

Dans la voie D 311, le fluage à 1 m mesuré entre - 20 m et 8 m dans les 6 stations situées sous des zones exploitées a une valeur moyenne de 15 mm de chaque côté de la voie, tandis que dans les deux stations situées sous un massif vierge, le même paramètre du fluage a une valeur moyenne de 85 mm côté taille et 20 mm côté massif. Dans cette voie, comme dans la voie Jacques D 22, la valeur moyenne du fluage côté taille mesuré entre - 20 et - 8 m dans les stations sous zones exploitées est aussi faible que celle du côté massif (*figures 70 et 71 b*).*

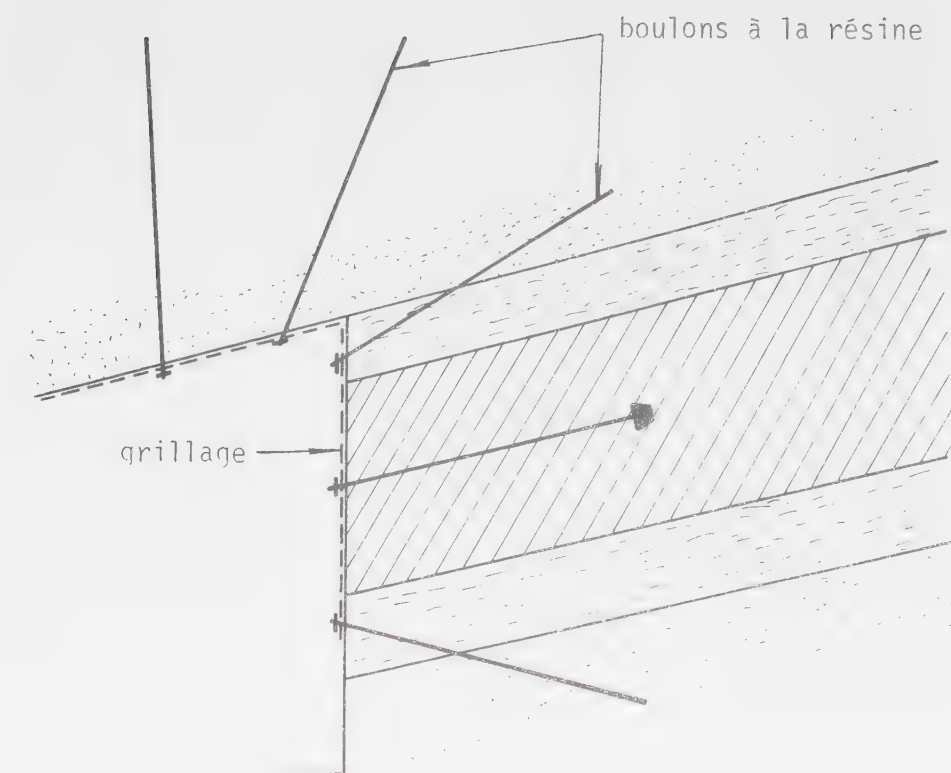
* Il semble que le fluage relativement important côté taille constaté dans les 4 stations, voie D 312, sous zone tée (figure 71a) a été dû au fait que les parements de cette partie de la voie ne sont pas boulonnés, par ce que le parement de la voie D 311 est renforcé par grillage boulonnage. Le même traitement a été appliqué à la Jacques D 22.

III.6 - Conclusion

En résumé, on peut dire que, dans le cas où la continuité des terrains au-dessus de la voie n'est pas interrompue par des exploitations dans les veines supérieures, l'onde des contraintes qui précède le front d'une première taille (coulée frontale) est plus forte côté taille que côté cassin. Ce résultat avait été obtenu par la figure 3.11. Il résulte de cela des déformations dissymétriques des deux côtés de la voie en avant du front. Par contre, si les terrains qui entourent la voie sont détendus par des exploitations sus-jacentes, les contraintes frontales sont diminuées. Les déformations pendant la phase d'avant passage, sont alors plus faibles et elles se produisent d'une façon apparemment plus symétrique.

FIG 72

EXEMPLE DE GARNISSAGE DU PAREMENT
PAR BOULONNAGE ET GRILLAGE.



IV - RENFORCEMENT DU PAREMENT PAR GRILLAGE ET BOULONNAGE

IV.1 - Rôle du grillage

Dès le creusement d'une galerie, les terrains situés sur le pourtour de l'ouvrage se détendent. Ceci se traduit par :

- une flexion des premiers bancs du toit (et du mur) de la voie
- un fluage des parements vers le vide de la voie
- une fissuration des bancs entaillés les moins résistants (en général la couche de charbon). Cette fissuration se traduit par le délavage du parement.

Le garnissage des parements d'une voie au charbon par grillage boulonné (*figure 72*) permet, lorsqu'il est fait dans de bonnes conditions, de lutter efficacement contre le fluage et le délavage des bancs entaillés les plus fragiles et ainsi de garantir des appuis suffisants pour le toit.

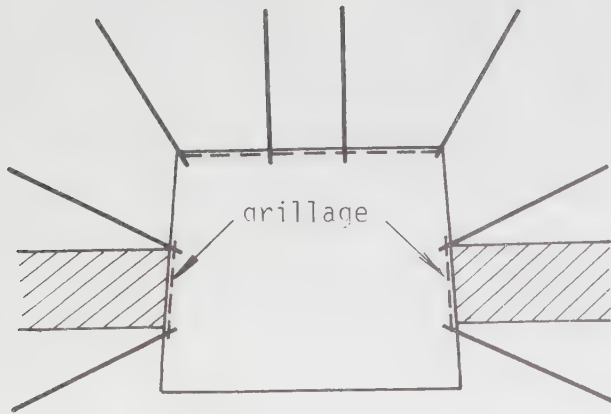
Le rôle essentiel du boulonnage est de réduire les expansions dans les terrains boulonnés. Or, l'expansion du charbon mesurée entre 0,70 m et 1,80 m de profondeur peut représenter 22 % du fluage superficiel au creusement et 50 % au passage de la taille. On peut donc espérer réduire le fluage par le boulonnage du parement.

D'autre part, le rôle du grillage est de répartir sur toute la surface susceptible de se fissurer, les efforts du soutènement (boulons par exemple) que l'on a mis en place pour lutter contre le fluage. Le grillage peut donc réduire l'extension de la fissuration des terrains au parement et leur délavage.

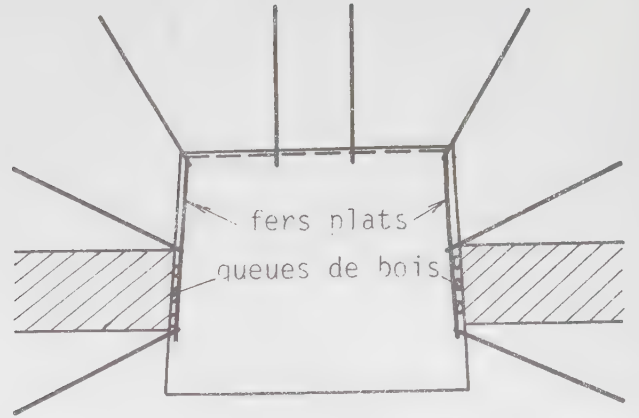
Le grillage peut en outre donner à des terrains très fissurés, devenus pulvérulents, une portance non négligeable pour le toit /34

FIG 73

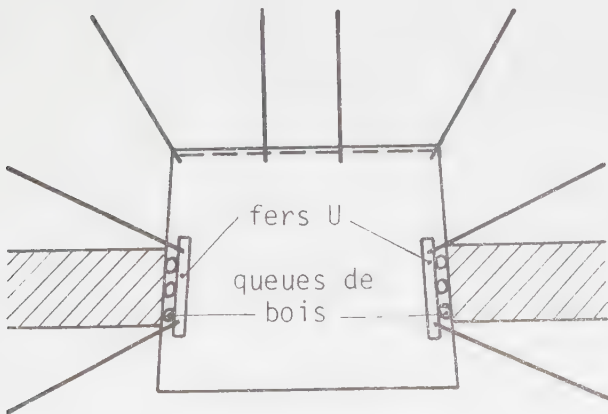
MODES DE RENFORCEMENT DES PAREMENTS ESSAYES EN VEINE
GENEVIEVE AU SIEGE 4 SUD HBNPC (VOIES D 11 bis ET D 102)



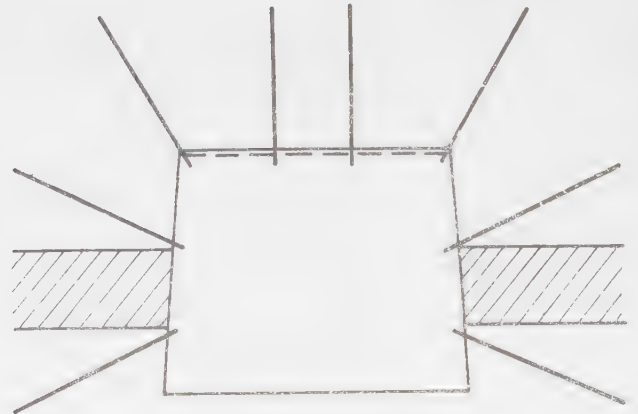
boulonnage + grillage



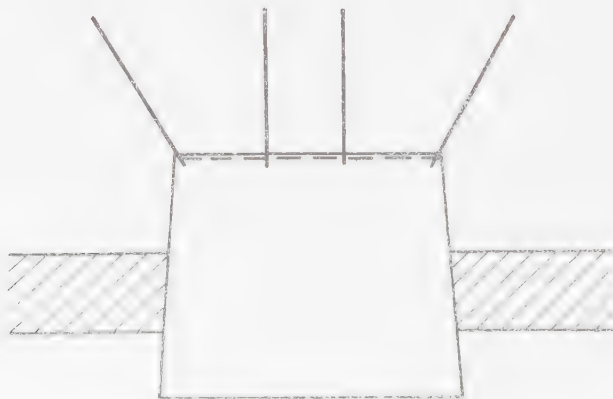
boulonnage + fers plats



boulonnage + fers U



boulonnage seul



rien

Schématiquement, il peut être conçu de deux manières :

- Un grillage de barres de fer (ou de bois) à larges mailles. Ces barres pourront transmettre immédiatement une pression aux parements avant qu'ils ne se fissurent. Par contre, si le charbon ou les épontes deviennent pulvérulents, ce garnissage perdra toute efficacité : le parement peut se délaver à travers les barres et la fissuration gagne en profondeur. La différence entre ces deux comportements tient à la friabilité du charbon.

- Un grillage métallique à mailles relativement fines (par exemple grillage à maille carrée de 5 cm de côté en fil de fer de petit diamètre). Son inertie à la flexion étant nulle, il transmettra sur un parement intact une pression moins répartie que le garnissage précédent. Mais lorsque la fissuration apparaît, le grillage empêche alors le délavage de gagner en profondeur.

Fig. 1 - Schéma schématisant les deux types de garnissage.

Nous allons montrer les résultats des essais comparatifs au cours desquels on a comparé les différentes modalités du garnissage des parements, puis nous allons essayer de généraliser ces résultats en comparant des chantiers où les parements ont été renforcés et des chantiers où aucun renforcement n'a été mis en place.

Fig. 2 - Schéma schématisant les deux types de garnissage.

Les premiers essais faits dans les houillères du bassin du Nord Pas-de-Calais, en vue de comparer différents modes de troussage des parements, ont été réalisés dans des voies quadrangulaires, en veine Geneviève au siège 4 Sud.

FIG 74

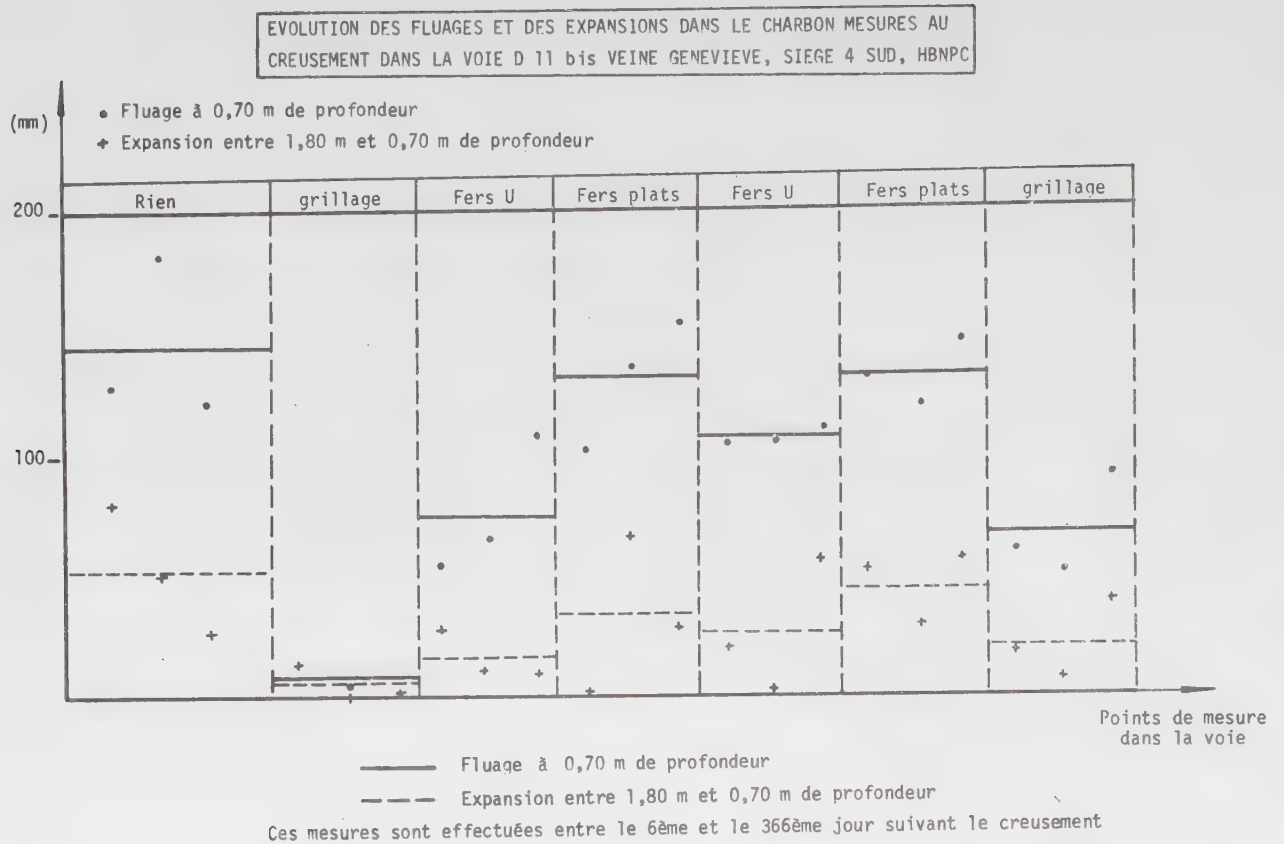
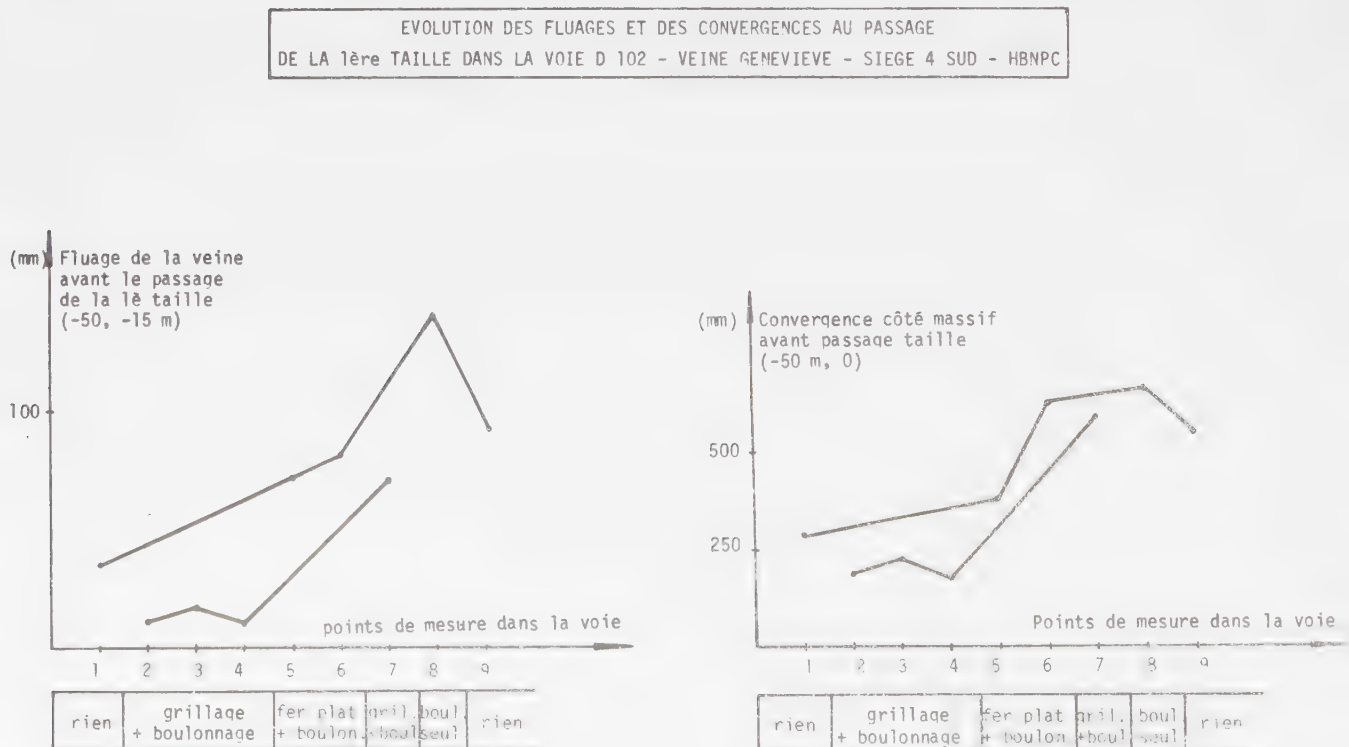


FIG 75



Dans deux voies de taille tracées dans cette couche, on a comparé les modalités de garnissage des parements suivantes, comme illustré sur *la figure 73*.

- boulonnage et grillage à maille carrée de 50 mm en fil de fer de $\varnothing$ 3 mm
- boulonnage et fers plats garnis de queues de bois
- boulonnage et fers U garnis de queues de bois
- boulonnage seul
- aucun garnissage.

Le boulonnage était fait avec une densité de deux boulons par mètre, de chaque côté de la galerie.

Aucune différence significative n'est apparue entre les 4 dernières modalités et seul le grillage avec boulonnage a amélioré la tenue de la voie.

Au creusement, cette amélioration n'est visible que sur les mesures de fluage superficiel du charbon (0,70 m de profondeur) et l'expansion du charbon entre 1,80 m et 0,70 m de profondeur, comme le montre *la figure 74*.*

Au moment de l'exploitation de la taille, on retrouve les mêmes résultats : seul le boulonnage avec grillage permet de réduire les déformations dans la galerie, comme en témoigne *la figure 75 et les photos 76 a et 76 b*. Mais ici, l'amélioration est visible sur les convergences comme sur le fluage du charbon.

Un essai réalisé dans la Descenderie Centrale de Veine 1 au siège La Houve, HBL, a conduit à des résultats légèrement différents, puisqu'il a montré une influence significative du boulonnage avec garnissage de queues métalliques sur l'amplitude du fluage de la couche.

* La modalité "Fer U" paraît légèrement meilleure que "Fer plat". Toutefois, cette différence n'est pas statistiquement significative.

TROUSSAGE DU PAREMENT PAR FER U
PHOTO PRISE 200 m APRES LE PASSAGE DE LA TAILLE
D 11 bis, GENEVIEVE, 4-SUD, H.B.N.P.C.

FIG 76 a



TROUSSAGE DU PAREMENT PAR GRILLAGE BOULONNE
PHOTO PRISE 200 m APRES LE PASSAGE DE LA TAILLE
D 11 bis, GENEVIEVE, 4-SUD, H.B.N.P.C.

FIG 76 b



Dans cette voie, le parement côté massif a été renforcé par boulonnage quelques dizaines de mètres avant le passage de la taille. En zone renforcée, le fluage du charbon côté massif mesuré à 0,50 m de profondeur entre le moment où la taille se trouvait 20 m avant le point de mesure et le moment où la taille a dépassé le point de mesure de 50 m (fluage - 20 m + 50 m) était de 54 mm, contre 122 mm en zone non renforcée.

IV.2.2 - Influence de l'ouverture

L'amplitude du fluage du charbon dépend d'abord de l'ouverture de la couche, comme le montrent *les figures 77 et 78*^{*}: le fluage est d'autant plus important que l'ouverture est grande.

La figure 77 montre que l'amplitude du fluage croît beaucoup moins vite avec l'ouverture lorsque le parement est garni de grillage boulonné que lorsque l'on a utilisé des grilles de queues sans boulonnage. Ce résultat suppose en outre que le renforcement a été mis en place suffisamment tôt au creusement. Le point relatif au chantier D 34 se trouve dans la catégorie des "non renforcés", alors que les parements y avaient été troussés avec du grillage boulonné. Mais ce renforcement avait été mis en place trop tard, alors que le charbon avait commencé à se délaver.

La figure 78 fait apparaître une influence semblable du renforcement des parements, bien que moins importante en valeur relative, dans les 30 mètres qui précèdent un front de taille.

* Ces points portés sur ces figures proviennent de mesures réalisées dans les HBNPC.

FIG 77

LIAISON FLUAGE - OUVERTURE DE LA COUCHE AU CREUSEMENT

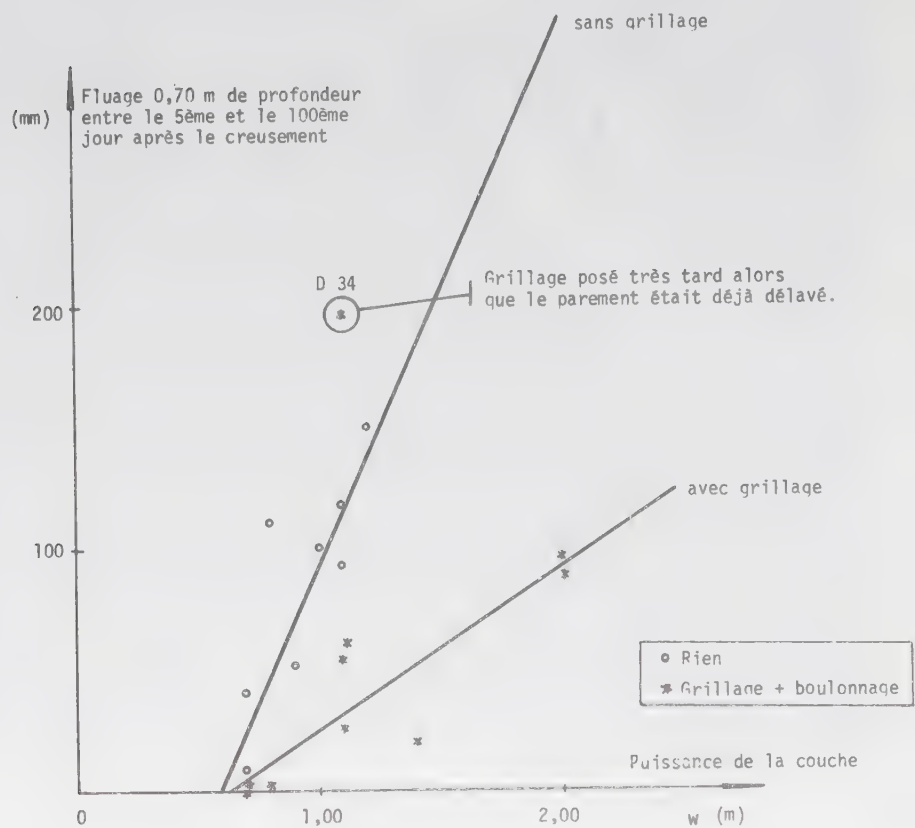
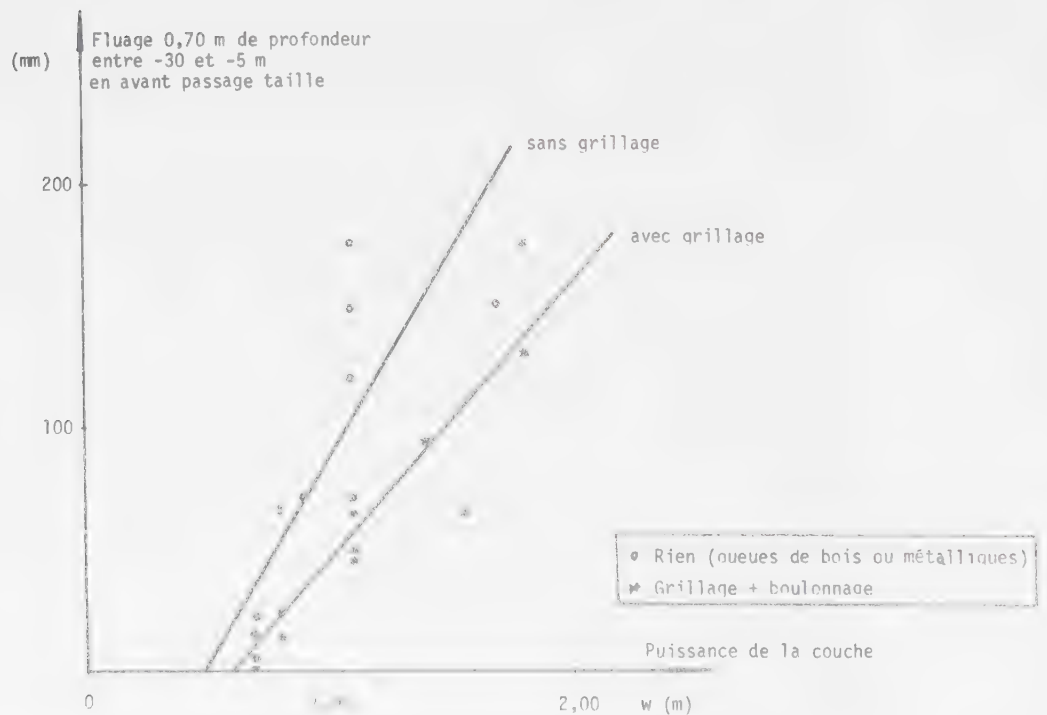


FIG 78

LIAISON FLUAGE - OUVERTURE DE LA COUCHE AU PASSAGE DE LA TAILLE



III.6 - Conclusion

Le garnissage des parements d'une voie au charbon par du grillage boulonné permet lorsqu'il est fait dans de bonnes conditions de lutter efficacement contre le fluage et le délavage des bancs entaillés les plus fragiles et aussi de garantir des appuis suffisants pour le toit.

La mise en place de ce garnissage pose deux problèmes : quand doit-il être fait et comment ?

Certains éléments expérimentaux évoqués plus haut permettent d'apporter une réponse à la première question : dans les cas où le parement a tendance à se délayer facilement, il est très important de mettre ce garnissage en place dans les plus brefs délais, au plus tard quelques mètres en arrière des fronts de creusement.

Trop peu d'expérimentations ont été réalisées pour permettre de répondre à la seconde question : on maintient habituellement le grillage à l'aide de 2 à 4 boulons par mètre de parement, ces boulons ayant de 1,80 m à 2,40 m de longueur. Un essai a été effectué en Grande Veine au Siège 24 Nord, HBNPC pour connaître l'influence de la longueur des boulons à ancrage ponctuel posés dans la veine (1,80 m d'ouverture). Cet essai a montré que dans les conditions de l'expérience il n'y avait pas d'influence de la longueur des boulons sur l'amplitude des fluages.

II - CONCLUSION

Nous avons étudié dans ce chapitre, l'influence de quelques facteurs plus directement liés aux appuis sur la convergence des voies de taille et sur les déformations de leurs appuis.

Nous avons montré que :

- la mise en retard de l'appui artificiel conduit à une augmentation de la convergence côté taille pendant la phase du passage. On a donc tout intérêt à poser cet appui le plus tôt possible après le passage.
- les conditions sus-jacentes influencent les déformations du charbon. Cette étude a été faite au creusement et pendant la phase d'avant passage seulement. On note essentiellement que :

Sous zone antérieurement exploitée, le fluage du charbon est toujours plus faible qu'ailleurs.

Pendant la phase d'avant passage de la taille, sous les stots ou les limites d'exploitations, le fluage est plus important qu'ailleurs, et en outre plus fort côté taille que côté massif.

- l'étude de l'influence de quelques modalités du garnissage du parement sur les déformations de la voie nous a montré que le grillage avec boulonnage améliore la tenue de la voie. Ce mode de renforcement permet de réduire le fluage et la convergence au moment de l'exploitation de la taille. L'efficacité du grillage avec boulonnage provient du fait que l'un complète le rôle de l'autre. Le grillage peut repartir sur toute la surface susceptible de se fissurer, les efforts du boulonnage.
- l'ouverture de la veine a une influence notable sur le fluage et sur l'efficacité du garnissage du parement : le fluage du charbon augmente avec l'ouverture et la différence entre différentes modalités de renforcement est plus petite lorsque l'ouverture est petite que lorsque l'ouverture est grande.

CHALIPACINQ

MECANISMES

C H A P I T R E C I N Q

MECANISMES

P L A N

	<u>PAGE</u>
I - <u>GENERALITES</u>	102
II - <u>ANALYSE DES MECANISMES DE DEFORMATIONS D'UNE VOIE DE TAILLE</u> <u>PENDANT LES TROIS PHASES</u>	104
II.1 - <u>Cas d'un charbon résistant avec des épontes tendres</u>	105
II.1.1 - Phase d'avant passage	
II.1.2 - Phase du passage	
II.1.3 - Phase d'après passage	
II.2 - <u>Cas d'un charbon tendre avec des épontes résistantes</u>	108
II.2.1 - Phase d'avant passage	
II.2.2 - Phase du passage	
II.2.3 - Phase d'après passage	
III - <u>CONCLUSION</u>	111

C H A P I T R E C I N Q

MECANISMES

Nous avons étudié quelques caractéristiques du charbon en place et des appuis artificiels ainsi que leur influence sur les déformations des voies de taille. Nous allons essayer dans ce chapitre d'analyser les mécanismes des déformations des voies influencées par leur première taille et l'influence du comportement des appuis (naturels et artificiels) sur ces mécanismes.

I - GENERALITES

Pendant l'exploitation du charbon de part et d'autre de la voie, l'influence d'une première taille se fait sentir habituellement quelques dizaines de mètres en avant du front et se poursuit derrière le front après le passage de la taille.

L'étude de l'évolution des déformations des voies de taille au cours de l'exploitation, a conduit à distinguer trois phases : avant passage, passage et après passage. Les déformations pendant chacune de ces phases relèvent d'un mécanisme lié aux contraintes et à la nature des appuis particuliers à chacune.

La phase d'avant passage débute au moment où l'influence de la taille commence à se faire sentir sur la station de mesures, elle se termine quand la taille arrive au niveau de la station. La distance à laquelle l'influence de la taille sur la station est perceptible dépend des caractéristiques des épontes et du charbon en place de chaque côté de la voie. Assez loin de la taille, contraintes et déformations sont symétriques dans la galerie, mais augmentent de

plus en plus vite au fur et à mesure que la taille se rapproche de la station.

Quand le front arrive à quelques mètres de la station et jusqu'au passage de la taille ($d \approx 0$), une dissymétrie apparaît. En effet, la culée frontale provoquée par le front de la taille est normalement plus importante du côté exploité que du côté opposé, ce qui se traduit par des déformations asymétriques dans cette zone comme nous l'avons montré au chapitre quatre (/30/,/31/).

On peut se demander si les appuis artificiels montés en bordure de la voie derrière la taille ont une influence sur les déformations en avant du front.

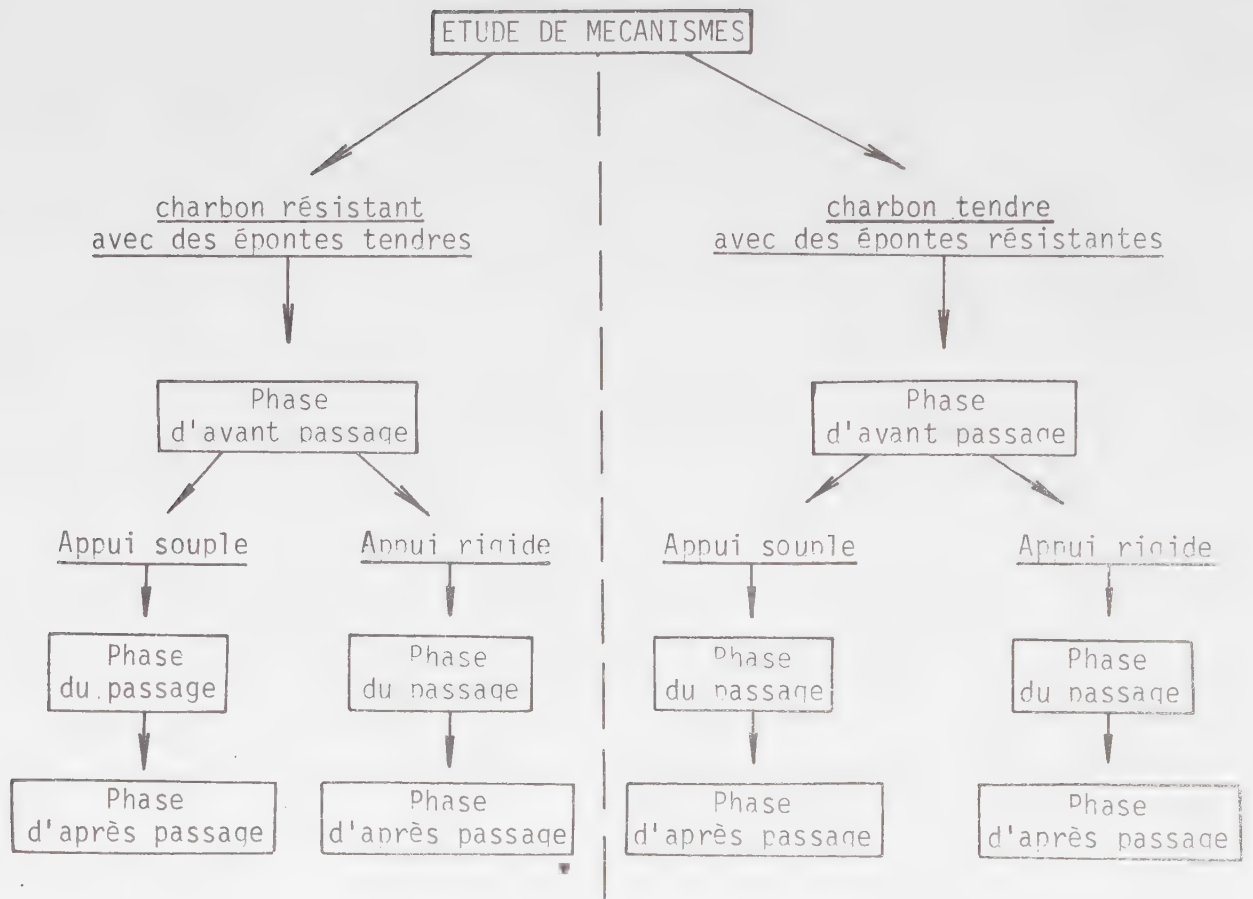
On peut noter qu'il y a sur les convergences côté taille une liaison entre les déformations mesurées pendant la phase d'avant passage et celles mesurées pendant la phase du passage de la taille /6/. Une telle liaison a été mise en évidence dans des voies renforcées par des appuis traditionnels (épi de remblai ou piles de bois souples).

Dans les voies renforcées par des appuis rigides, nous avons montré au chapitre trois qu'il y a une influence de la rigidité des appuis sur la convergence côté taille comme sur le basculement du toit au passage de la taille. Ces mouvements peuvent être diminués avec l'augmentation de la rigidité des appuis artificiels. Mais aucune influence de la rigidité des appuis n'a pu être mise en évidence sur les convergences dans la phase d'avant passage. Ceci s'explique facilement par le fait que les convergences mesurées en avant du front sont une conséquence de l'effet de culée qui précède tout front de taille. L'intensité de cette culée peut éventuellement être liée au mode de traitement de l'arrière-taille*, car le phénomène lui-même est lié au volume total de l'exploitation.

*

Les déformations mesurées en avant du front de taille sont liées au mode de traitement de l'arrière-taille, car le phénomène lui-même est lié au volume total de l'exploitation.

FIG 79



Le traitement du bord de la voie derrière la taille n'intéresse qu'une partie généralement infime de l'ensemble de l'arrière-taille, d'où sa non influence.

Le comportement de la voie dans la phase d'avant passage ne peut plus être lié, du point de vue des appuis, qu'au comportement du charbon des deux côtés de la voie et à la nature des épontes.

D'autre part, le comportement de la voie et de ses appuis pendant la phase d'après passage dépend sans doute de leur comportement pendant les deux phases qui la précèdent et en particulier de ce qui se passe au passage de la taille. Car une voie en bon état au passage de la taille aura plus de chances d'être en meilleur état pendant la phase d'après passage que si son état était déjà mauvais au passage de la taille.

II - ANALYSE DES MECANISMES DE DEFORMATIONS D'UNE VOIE DE TAILLE PENDANT LES TROIS PHASES

Dans l'étude des mécanismes des déformations pendant chaque phase, nous nous sommes limités aux cas qui peuvent poser le plus de problèmes du point de vue du soutènement et de la stabilité de la voie, c'est-à-dire celui d'un charbon résistant avec des épontes tendres et celui d'un charbon tendre avec des épontes résistantes.

L'approche de cette étude présente des difficultés particulières du fait que les mécanismes des déformations dans les voies au passage d'une première taille dépendent des phases d'exploitation (avant passage, passage et après passage), sont liées aux caractéristiques relatives du charbon et des épontes, et enfin sont influencées par la rigidité des appuis montés en bordure de la voie derrière la taille.

Nous avons montré sur la figure 79 un schéma qui représente les différents cas étudiés.

II.1 - Cas d'un charbon résistant avec des épontes tendres

II.1.1 - Phase d'avant passage

Les déformations de la voie pendant cette phase ont leur origine dans la culée frontale qui précède la taille. Dans le cas d'épontes tendres, ces contraintes peuvent dépasser leur résistance à la rupture, ce qui se traduira, si le charbon est résistant par une apparition des cassures dans le premier banc du toit à l'aplomb des parements. Le mur soufflera des deux côtés de la voie, un peu plus du côté taille que du côté massif en raison de la dissymétrie de la culée frontale.

Des problèmes graves concernant le soutènement de la voie et sa stabilité peuvent apparaître pendant cette phase si les épontes ne sont pas renforcées. En particulier, leur renforcement par grillage boulonné est indispensable pour améliorer leur résistance mécanique. Cette intervention doit être faite le plus tôt possible, de préférence juste après le creusement.

II.1.2 - Phase de passage

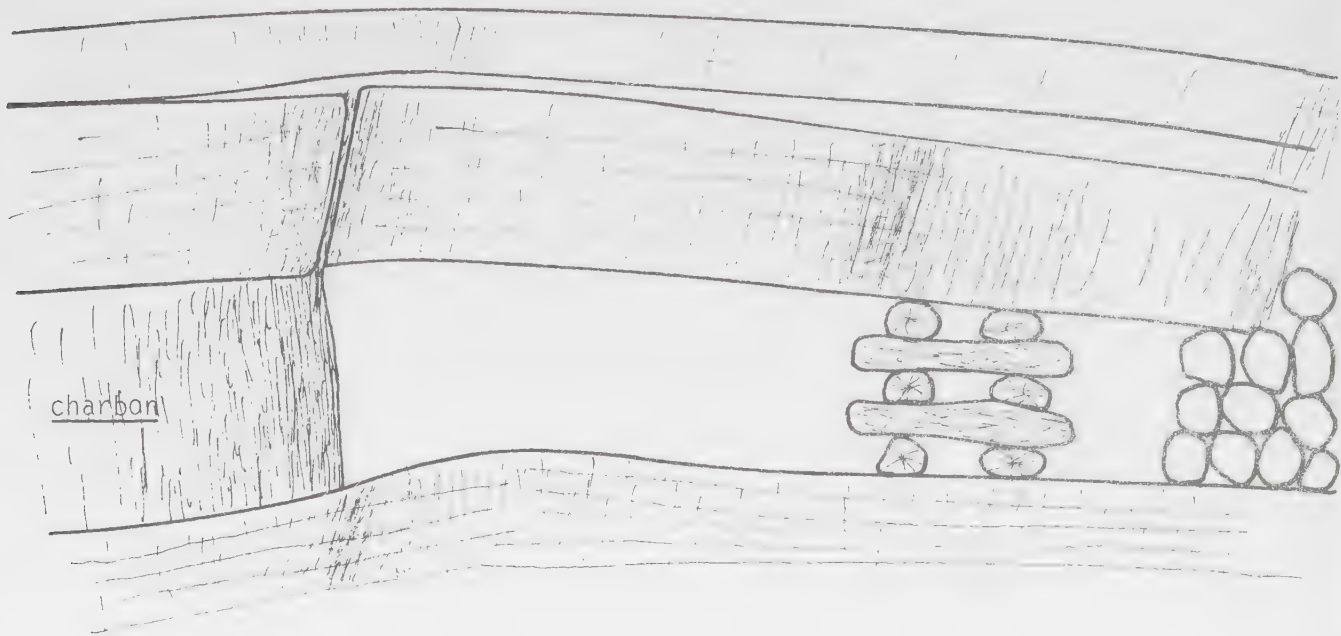
Dans les voies renforcées par des appuis traditionnels (piles de bois souples ou épi de remblai) et influencées par une première taille, cette phase est caractérisée par des mouvements asymétriques.

L'enlèvement du charbon d'un côté de la voie et la mise en place d'appuis artificiels non serrés au toit provoquent un relâchement momentané des contraintes côté taille accompagné par des déformations assez importantes. La dissymétrie des déformations dans cette zone provient essentiellement du basculement du toit vers le côté exploité et à peine du soufflage du mur.

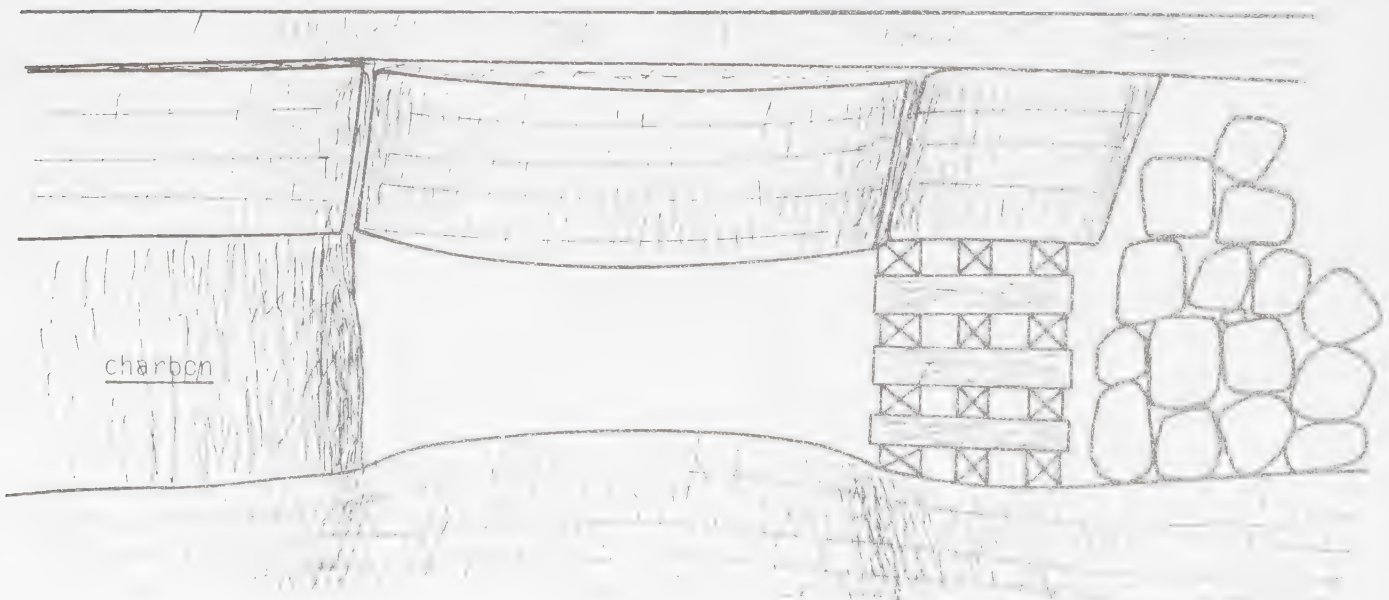
FIG 80

SCHEMA DES DEFORMATIONS D'UNE VOIE AU PASSAGE D'UNE
PREMIERE TAILLE DANS LE CAS DU CHARBON RESISTANT ET EPONTES TENDRES

- a - Appui artificiel souple



- b - Appui artificiel rigide



Pendant cette phase le toit peut être assimilé à une poutre encastrée du côté massif, son extrémité côté taille étant momentanément libre. Le mécanisme de déformation est donc lié aux caractéristiques de la poutre elle-même.

Donc, dans le cas du charbon résistant avec des épontes tendres on peut distinguer deux cas selon la rigidité de l'appui artificiel monté en bordure de la voie derrière le front de la taille.

- L'appui artificiel est souple (figure 4 a).

Cet appui souple facilite le basculement de la poutre du toit vers le côté exploité. La poutre est encastrée au-dessus d'un charbon résistant. Les cassures qui sont apparues au voisinage de l'aplomb du massif de charbon pendant la phase d'avant passage affectent des bancs plus profonds du toit et deviennent plus denses.

L'autre extrémité de la poutre qui repose sur un appui souple n'est plus beaucoup sollicitée et les cassures apparues en avant du front n'évoluent pas. En même temps se produisent des glissements de bancs, des séparations et des décollements des différents bancs du toit côté taille.

Les bancs du mur comme les bancs du toit sont cassés au droit du massif de charbon. Le soufflage est plus important du côté opposé à la taille.

- L'appui artificiel est rigide (figure 4 b).

Côté massif, le mécanisme est le même que dans le cas précédent : la fracturation des premiers bancs du toit et du mur s'intensifie à l'aplomb du massif de charbon.

Par contre, la situation côté taille est nettement différente. Grâce à sa rigidité élevée, l'appui artificiel freine l'affaissement de la poutre côté taille et se trouve

fortement comprimé. Selon la résistance relative de l'appui et des épontes, des cassures peuvent se développer dans les premiers bancs du toit au voisinage de l'aplomb de l'appui ou bien l'appui lui-même peut flamber.

En outre, cet appui peut poinçonner le mur de la galerie, ce qui se traduit par un soufflage des deux côtés de la voie.

Dans ces deux cas, les déformations de la voie proviennent essentiellement d'un fort mouvement d'épontes fracturées.

II.1.3 - Phase d'après passage

Il est difficile de donner un schéma représentatif du mécanisme des déformations de la voie pendant la phase d'après passage. Le mécanisme pendant cette phase est lié à un grand nombre de facteurs très variés. En première place on peut noter les facteurs qui ont influencé la voie pendant les deux premières phases. Ce qui conduit à poursuivre l'étude de l'évolution des déformations de la voie dans les deux cas précédents.

Dans le cas de l'appui artificiel souple, les cassures provoquées à l'aplomb du massif de charbon résistant dans le premier banc du toit tendre, *figure 80a*, permettent à celui-ci de descendre verticalement, avec une possibilité de glissement vers le côté taille. Le charbon se trouve alors fortement comprimé et le mur trop chargé soufflera davantage au pied de la veine.

Les déformations du côté taille dépendent de l'état de l'appui artificiel après le passage de la taille. L'écrasement de cet appui peut conduire, soit à une augmentation de sa rigidité, soit à son flambage, selon sa stabilité au

cours de son écrasement. Une augmentation de la rigidité de l'appui peut surcharger les épontes, conduisant à des cassures dans le toit et à un gonflement du mur. Dans ce dernier cas, le premier banc du toit étant découpé des deux côtés de la voie, la poutre est devenue complètement libre à ses extrémités. Par contre, dans le cas où l'appui se rompt par flambage, des bancs du toit gardent leur continuité au-dessus de l'appui avec la possibilité d'un glissement de la poutre vers le côté exploité. Ce mouvement peut être favorisé par le fait que la poutre a déjà basculé vers le côté taille et que son extrémité est délimitée par les cassures produites à l'aplomb du charbon, côté opposé à la taille.

D'autre part, l'utilisation des appuis artificiels rigides n'améliore pas l'état de la voie pendant la phase d'après passage. Les cassures produites dans un toit tendre par des appuis rigides au passage de la taille, *figure 80b*, font apparaître une poutre à peu près libre à ses extrémités. Cette poutre peut bien sûr s'effondrer dans la voie.

La suppression sur les deux appuis rigides (naturels et artificiels) peut augmenter le soufflage du mur.

II.2 - Cas d'un charbon tendre avec des épontes résistantes

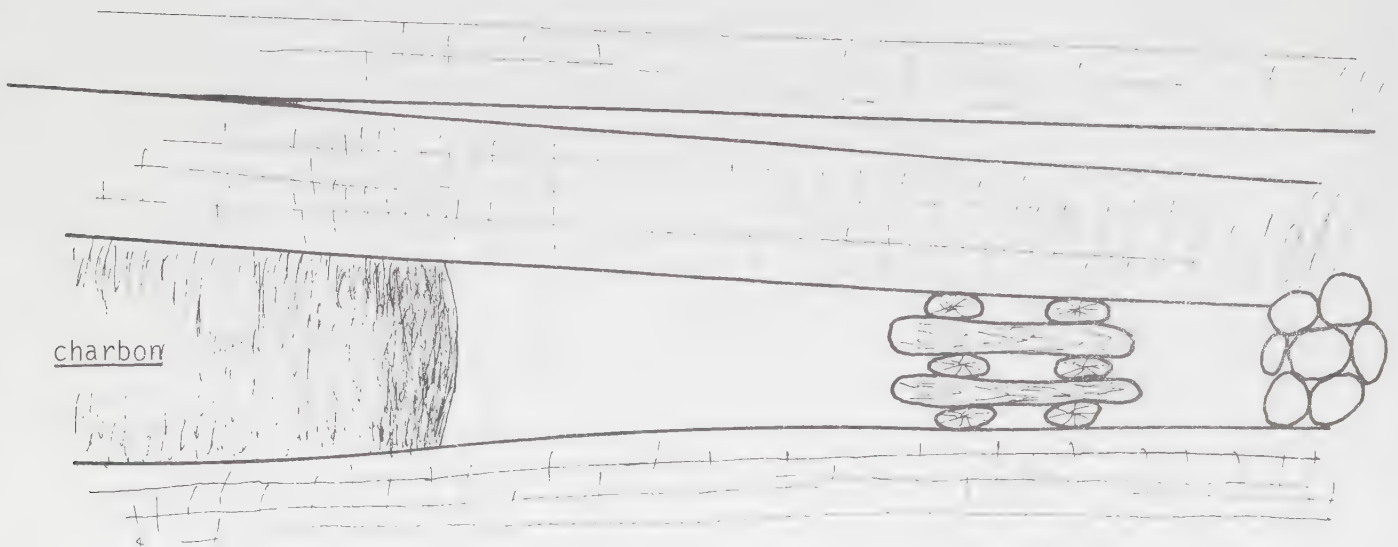
II.2.1 - Phase d'avant passage

Dans ce cas, le charbon étant le banc le plus faible autour de la voie sera le premier influencé par les contraintes qui précèdent le front de taille. Le mécanisme dans cette phase est donc caractérisé surtout par un fluage, un écrasement et une fissuration du charbon qui peuvent être accompagnés par son délavage. Ces dégradations peuvent se produire d'une façon dissymétrique des deux côtés de la voie dans la zone de culé frontale, comme nous l'avons montré au chapitre quatre.

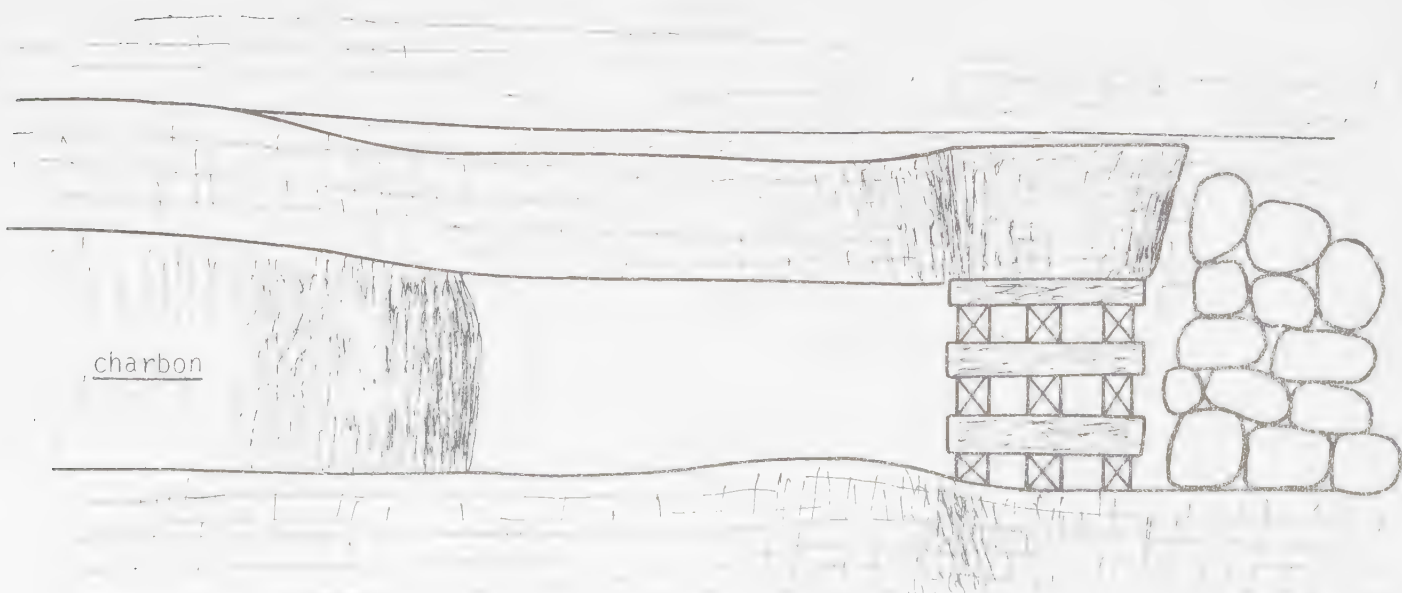
FIG 81

SCHEMA DES DEFORMATIONS D'UNE VOIE AU PASSAGE D'UNE PREMIERE
TAILLE DANS LE CAS DU CHARBON TENDRE ET EPONTES RESISTANTES

- a - Appui artificiel souple



- b - Appui artificiel rigide



En outre, elles conduisent à une largeur ouverte de la voie plus grande, ce qui entraîne un fléchissement continu des premiers bancs du toit.

Le problème du soutènement de la voie et sa stabilité pendant cette phase provient donc de la faiblesse de l'appui naturel. Le renforcement des parements par grillage boulonné est recommandé comme nous l'avons montré au chapitre quatre.

II.2.2 - Phase du passage

Au passage de la taille, comme dans le paragraphe II.1.2, nous avons également retenu deux cas selon la rigidité de l'appui artificiel.

- L'appui artificiel est souple

Le charbon est tendre et a subi un certain écrasement avant le passage de la taille. Il ne peut donc plus constituer sans renforcement un appui valable pour le toit. Les premiers bancs du toit fléchissent de plus en plus au passage de la taille, mais en gardant toujours leur continuité au-dessus de la voie.

La situation s'aggrave avec l'existence du côté taille, en bordure de la voie, d'un appui artificiel souple. En effet, la souplesse de cet appui facilite le basculement du toit. Il en résulte une augmentation de l'écrasement et du fluage du charbon côté massif vers le vide de la voie. L'écrasement et la fissuration de ce charbon peuvent donc gagner en profondeur vers l'intérieur de la veine. Le charbon peut être assimilé à un milieu quasi pulvérulent.

- L'appui artificiel est rigide (figure 8.1)

L'appui rigide monté en bordure de la voie du passage de la taille freine le basculement du toit, car il peut prendre des charges importantes dès sa mise en place sans beaucoup d'écrasement. Ceci correspond souvent à contraintes élevées au contact entre l'appui et les épontes. Le résultat de ces concentrations de charge est une

résistance relative de l'appui et du premier banc du toit. On peut attendre des cassures dans celui-ci au voisinage de l'aplomb de l'appui ou un écrasement de l'appui.

Le freinage du basculement du toit par l'appui rigide a pour conséquence immédiate une fissuration moins étendue en profondeur dans le charbon en place.

Le soufflage du mur au pied de l'appui artificiel dépend également de la rigidité relative de celui-ci et des bancs du mur. En général, le mur aura tendance à gonfler avec un appui rigide, du fait de sa résistance souvent plus faible.

II.2.5 - Phase d'écroulement

Le mécanisme pendant cette phase est caractérisé surtout par une aggravation de l'état du charbon côté massif. Le fluage, l'écrasement et la fissuration du charbon augmentent fortement et conduisent à la déconsolidation du charbon sur plusieurs mètres à l'intérieur de la veine. La flexion des bancs du toit qui a débuté dans les deux phases précédentes augmente maintenant fortement avec l'affaiblissement de la résistance du charbon.

La rigidité des appuis artificiels ne peut pas avoir d'influence notable sur la déformation du charbon du côté opposé de la taille. Par contre, elle peut modifier le comportement du toit : celui-ci peut être plus plan avec des appuis rigides qu'avec des appuis souples.

III - CONCLUSION

Les déformations d'une voie au charbon influencée par une première taille qu'elle dessert se produisent en trois phases : avant passage, passage et après passage. Le mécanisme des déformations est différent d'une phase à l'autre.

Il est évident que la phase du passage est la plus difficile du point de vue du contrôle des déformations subies par la voie. Pendant cette phase les déformations ne sont pas caractérisées par une forte amplitude seulement, mais également par une grande dissymétrie des deux côtés de la voie. La dissymétrie se produit au moment du remplacement du charbon enlevé par des appuis artificiels.

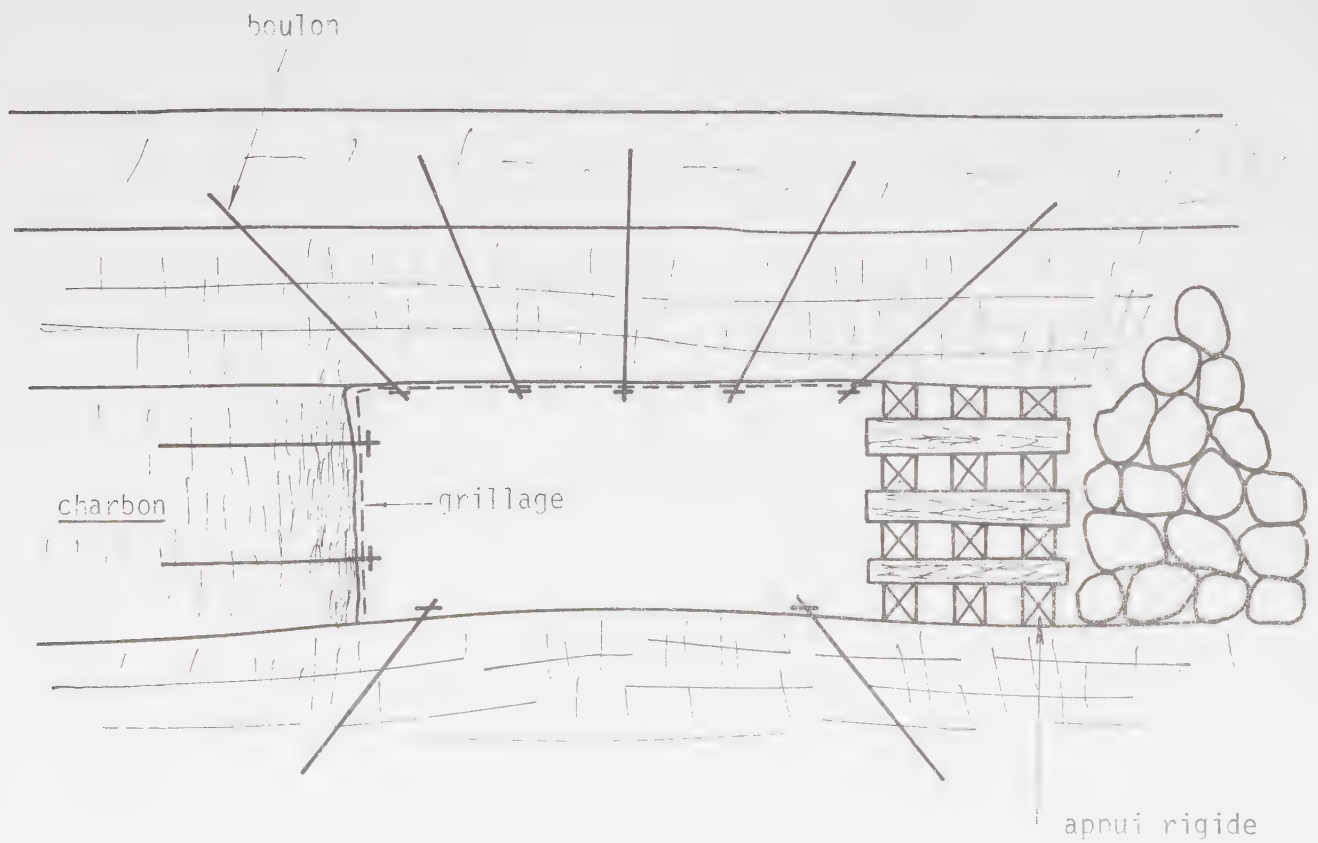
Depuis longtemps, on a pensé que l'utilisation du soutènement porteur de la voie, comme le cintre TH par exemple, peut diminuer les déformations des voies. Mais, il a été trouvé que ce type de soutènement ne peut pas supporter de fortes pressions et sa résistance à des déformations dissymétriques est très faible (cintre TH en particulier).

La recherche d'un autre soutènement plus favorable a fait apparaître le boulonnage. Le principe général de cette technique est d'ancrer entre eux les premiers bancs du toit. Ces ancrages tendent à consolider la poutre du toit et diminuer ainsi sa flexion, son feuilletage et le risque de son flambage.

L'utilisation de cette méthode de soutènement dans les galeries a eu comme conséquence la nécessité d'appuis assez rigides pour pouvoir contrôler les extrémités de la poutre créées par le boulonnage. Ainsi, les appuis du toit se sont introduits comme des éléments essentiels à la stabilité d'un toit boulonné.

FIG 82

RENFORCEMENT D'UNE VOIE DESSERVANT UNE PREMIERE TAILLE
DANS LE CAS OU LE CHARBON ET LES EPONTES SONT TENDRES.



Nous avons représenté sur *les figures 80 et 81* des schémas représentatifs des déformations d'une voie au passage de la taille en fonction de la rigidité relative des deux appuis (naturel et artificiel) et la nature des épontes. On peut noter que l'état d'une voie au passage de la taille, dépend de la partie des terrains ou des appuis la plus faible. Les deux cas les plus difficiles à contrôler, pensons nous, sont ceux schématisés sur *les figures 80a et 81a*. Par contre, dans les deux cas *80b et 81b*, il suffit pour avoir une voie en état correct, d'améliorer les caractéristiques mécaniques des épontes (*schéma 80b*) ou celles du charbon (*schéma 81b*). Ceci peut être réalisé par le boulonnage seul ou par du grillage boulonné.

Enfin, nous pouvons recommander l'utilisation des appuis artificiels rigides pour renforcer les voies desservant une première taille à condition que les épontes et le charbon qui entourent les voies soient assez résistants. Si les épontes et/ou le charbon sont tendres, le boulonnage seul ou avec grillage est indispensable pour améliorer leur résistance mécanique (*figure 82*).

C O N C L U S I O N

L'objectif de ce travail était d'étudier le comportement des appuis du toit dans les voies de tailles et l'influence de ce comportement sur la tenue de celles-ci.

Nous avons distingué deux types principaux d'appuis :

- . l'appui naturel constitué par les massifs de charbon en place,
- . l'appui artificiel que l'on met en bordure de la voie derrière la taille.

Appui naturel

L'étude de son comportement a porté sur :

- ses déformations
- sa résistance

En ce qui concerne l'étude des déformations du charbon, nous avons montré que :

. Le fluage mesuré à un moment donné dans la vie de la voie dépend de celui qui a été mesuré auparavant : sa valeur au creusement dépend de celle durant les premiers jours ; le fluage mesuré au passage de la taille est lié à celui mesuré au cours du creusement.

. Le fluage évolue en fonction du temps suivant une loi qui est le plus souvent logarithmique, comme les convergences, mais parfois de forme asymptotique et alors différente de celle des convergences. Ces deux lois définissent deux sortes de voies qu'il serait intéressant de pouvoir caractériser par la lithographie, ou par le régime des contraintes existant dans les terrains avant le creusement de la galerie.

. L'expansion du charbon est la plus forte pendant les premiers jours après le creusement, cette expansion peut être liée au phénomène de fissuration. Il apparaît donc que c'est dès le creusement que le renforcement du parement doit être fait, lorsque la résistance du charbon le rend nécessaire.

L'influence de la résistance du charbon sur la dégradation des épontes peut être résumée dans les deux cas suivants :

- si le charbon est plus résistant que les épontes, il peut fracturer celles-ci et le problème de la tenue de la voie sera celui de la stabilité d'épontes fracturées. Deux solutions peuvent être proposées : le renforcement des épontes par boulonnage, ou l'affaiblissement du charbon si les épontes sont très tendres. Ceci peut être effectué en faisant des saignées ou des trous dans le massif.

- si le charbon est beaucoup plus faible que les épontes, la dégradation se produit dans le charbon, ce dernier ne peut pas constituer un appui valable pour le toit et un renforcement du parement est absolument nécessaire. Parmi les méthodes de renforcement étudiées, c'est l'utilisation de grillage boulonné qui paraît donner les résultats les plus sûrs.

Appui artificiel

Cet appui influence les déformations des voies et les dégradations des épontes par :

- sa résistance
- le délai de sa mise en place
- sa stabilité.

Au passage de la taille, la tenue d'une voie est influencée par la rigidité de l'appui artificiel et le délai de sa mise en place. Un appui résistant comme une dame d'anhydrite ou des piles précontraintes

diminue les déformations pendant cette phase, mais sa mise en retard a un effet inverse. C'est une des difficultés auxquelles on se heurte avec l'utilisation de l'anhydrite.

Après le passage de la taille, les déformations dépendent de la résistance de l'appui par rapport à celle des épontes et de sa stabilité pendant son écrasement. Elles dépendent également de ce qui s'est passé au moment du passage de la taille : nous avons observé que lorsque les déformations ont été très freinées au passage de la taille par un appui rigide, un léger rattrapage des déformations se produit par la suite. Mais en général le bilan reste positif.

Enfin, la rigidité absolue des appuis n'a pas de sens et leur résistance doit toujours être choisie en fonction de celle des épontes pour que les appuis ne puissent casser le toit ou enfoncer le mur.

Dans ces limites, ce sont les appuis les plus résistants qui donnent les meilleurs résultats. Cette résistance peut être obtenue artificiellement par une précontrainte de l'appui. Il y a beaucoup à attendre en particulier de l'utilisation de piles de bois serrées par coussins hydrauliques, dans la mesure où le serrage confère une certaine "résistance" à la pose et où le choix du bois et du nombre de croisements dans la pile permet d'adapter la résistance de la pile à celle de l'éponte la plus faible.

L'ensemble de ces résultats fait ressortir quelques problèmes :

- Nous avons étudié l'influence du garnissage du parement sur les déformations des voies, mais il reste à savoir comment ce garnissage peut être réalisé. Il est important d'étudier en particulier l'influence de la longueur de boulons, de leur densité et de leur mode d'ancrage sur l'efficacité du garnissage.
- Nous avons préconisé des appuis d'une résistance comparable à celle

de l'éponte la plus faible. L'utilisation des moyens de mesure récents, comme l'indice de dureté CERCHAR, permet une quantification de cette résistance. Mais il y a des cas où l'une des épontes au moins est trop friable pour qu'il paraisse raisonnable d'avoir des appuis d'une résistance semblable : dans ce cas, il faut d'abord renforcer les épontes. Ce problème peut se poser dès le creusement de la galerie, ou bien seulement au passage de la taille. Les essais d'injection actuellement entrepris dans divers bassins houillers apporteront peut-être une solution à ce difficile problème.



B I B L I O G R A P H I E

- /1/ CARR T.L., SHEPHERD R., WALTON J.J. & CLARK E.B.
Pratique des galeries en avance sur la taille et les problèmes qu'elles posent.
Publication technique CERCHAR n° 55 438
- /2/ BRUENS F.P. & REEPER F.J.
Le contrôle du terrain autour des voies d'accès en taille
4ème conférence internationale de la mécanique des roches,
New-York, 1964.
- /3/ SCHUERMANN F.
Augmentation de la portance des parois de galeries par boulonnage
Publication technique CERCHAR n° 29723, traduction n° 780-59
- /4/ HAUPT W.
Procédés d'étude du comportement des terrains et exemples de leurs emplois.
Publication technique CERCHAR n° 45327.
- /5/ SEN G.C.
Protection of sides in a roof-bolted roadways.
Publication technique CERCHAR n° 26282.
- /6/ SCHWARTZ B.
Déformation des roches autour des excavations
Thèse, Paris.
- /7/ RAFFOUX J.B.
Etude des déformations de terrains dans les voies soumises à l'influence de la première taille qu'elles desservent
Thèse, Nancy.
- /8/ BORECKI M. & BILINSKI A.
Résultats d'études de pression de terrains lors de l'exploitation par méthode des longues tailles dans les houillères de la Haute-Silésie.
4ème conférence internationale de la mécanique des roches
New-York, 1964.
- /9/ HAHN H. & JACOBI O.
Premier aperçu donnant la situation des galeries de tailles avec abattage unilatéral.
Publication technique CERCHAR n° 65489, Traduction n° 238.T.71
- /10/ BEBENINA M.E.
Influence du degré de stratification des terrains et de la section des ouvrages sur le caractère de leur déformation.
Publication technique CERCHAR n° 45632.

- /11/ *Etude du mouvement de terrain*
Rapport général, période 1959-1963
Laboratoire de mécanique des terrains. Nancy.
- /12/ SCHWARTZ B.
Etude des mouvements des épointes dans les exploitations minières
Revue de l'Industrie Minérale Volume 42 n° 5 et 6
Mai et Juin 1960
- /13/ SCHWARTZ B.
Prévision de mouvements dans les voies
Conférence internationale sur les pressions de terrains
Paris, Mai 1960.
- /14/ CHAMBON C. & DEMIRIS C. A.
Convergences dans les voies de taille et rhéologie
Laboratoire de mécanique des terrains. Nancy.
- /15/ CHAMBON C.
Mécanique des terrains houillers dans le cas de déformations plans
Thèse, Nancy.
- /16/ SCHWARTZ B., CHAMBON C., DECOMPS J. & VIALLET F.
Prévision des convergences dans les voies influencées par les tailles qu'elles desservent.
Revue de l'Industrie Minérale, Septembre 1962, V. 44
n° 9
- /17/ STASSEN P.
Gestion des voies.
Journées d'information sur les pressions de terrains et soutènement dans les mines.
Luxembourg 13-14, novembre 1969.
- /18/ APPERT N.
Etude des déformations des voies soumises à l'influence des deux tailles qu'elles desservent
Thèse, Nancy.
- /19/ STASSEN P.
Essai sur divers soutènements pour voies de chantier
Bulletin technique Mines et Carrières n° 124, Mars 1970
- /20/ STASSEN P. & LIEGEOIS R.
Cadres articulés sur piles de bois
Publication technique CERCHAR n° 52596

/21/ WHITTAKER B.N. & TITLEY P.H.

Improvement of gate roadway stability with special reference
to roadside support
Publication technique CERCHAR n° 67555

/22/ SCHILP J.P.

Procédés en vue de réduire les déformations des voies de
chantier dans le sud du Limbourg.
Journées d'information sur les pressions de terrains
Luxembourg 13-14 Novembre 1969

/23/ LANGE G., RAUSS B. & GARTE R.

Pratique acquise avec les revêtements à prise ultra rapide
des parements des galeries
Publication technique CERCHAR n° 66325

/24/ NOCKEL F.

Conservation des montages comme base de départ pour des
tailles de veine puissante en démarrage
Publication technique CERCHAR n° 66542

/25/ BACHACOU J. & LALLEMENT B.

Contribution à l'étude du comportement des voies boulonnées
en terrains houillers
Thèse, Nancy

/26/ CHAMBON C.

Périodicité des convergences le long des voies influencées
par la taille qu'elles desservent.
Revue de l'Industrie Minérale 1966

/27/ VIALLET F.

Etude expérimentale destinée à caractériser le comportement
d'éprouvettes cylindriques de charbon en compression axiale
Thèse, Nancy

/28/ DEJEAN M.

Analyse des mesures d'expansion et de fluage faites dans 40
voies boulonnées des HBNPC entre janvier 68 et juillet 71.
Laboratoire de mécanique des terrains - Nancy

/29/ EL ASHKAR R.

Comportement du charbon le long des voies de taille
rapport de D.E.A. Nancy - 1970

/30/ GRAMBERG P.

Analyse des cassures, mouvements et contraintes aux alentours
d'une voie de chantier.
Journées d'information sur les pressions de terrain
Luxembourg 13-14 Novembre 1969

/31/ COTZA R.

Les pressions de terrains aux alentours des voies dans le
bassin du Sulcis
Journées d'information sur les pressions de terrains
Luxembourg 13-14 Novembre 1969

/32/ BRINKMANN E. & EVERLING G.

Consolidation des galeries avec des piles de bois
Publication technique CERCHAR n° 66165

/33/ WOLFGANG BREER

Problèmes du soutènement des voies de charbon dans les
Houillères de l'Allemagne de l'Ouest
5ème Conférence internationale sur les pressions de terrains
Londres, 1972

/34/ DEJEAN M. & EL ASHKAR R.

Contrôle des parements des galeries du charbon par du grillage
boulonné
Publication technique des Charbonnages de France. A paraître.

